

Isaac Asimov

El Sol brilla luminoso

Biblioteca
Científica
Salvat

Isaac Asimov

El Sol brilla luminoso

SALVAT

Versión española de la obra original en inglés *The sun shines bright,* recopilación de ensayos publicados en *The Magazine of Fantasy and Science Fiction*

Traducción: Lorenzo Cortina
Diseño de cubierta: Ferran Cartes / Montse Plass

Scan/OCR: Xixoxux
Corrección: Gra
Noviembre de 2003

Esta edición: Sargont (2018)

ISBN: 84-345-8880-3 (Obra completa)
ISBN: 84-345-8907-9 (Volumen 27)
Depósito Legal: B-528-1994
Publicada por Salvat Editores, S.A., Barcelona
Impresa por Printer, i.g.s.a., Enero 1994
Printed in Spain

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN
EL SOL
I. ¡FUERA, MANCHA MALDITA!
II. EL SOL BRILLA LUMINOSO
III. EL METAL MÁS NOBLE DE TODOS
LAS ESTRELLAS
IV. ¿CUÁN PEQUEÑO?
V. «*SIRIAMENTE*» HABLANDO
VI. POR DEBAJO DEL HORIZONTE
EL SISTEMA SOLAR
VII. EXACTAMENTE TREINTA AÑOS
MERCURIO
VENUS
TIERRA
LUNA
MARTE
FOBOS Y DEIMOS
ASTEROIDES
JÚPITER
SATÉLITES DE JÚPITER
SATURNO y SUS SATÉLITES
URANO
NEPTUNO
PLUTÓN
LA LUNA
VIII. UN LARGO VIAJE DE UN DÍA
IX. LA INCONSTANTE LUNA
LOS ELEMENTOS
X. UN METAL INÚTIL
XI. ¡NEUTRALIDAD!
XII. EL DEDO DE DIOS
LA CÉLULA
XIII. CLON, CLON DE MÍ MISMO

LOS CIENTÍFICOS
XIV. DESGRACIADAMENTE, TODOS SOMOS HUMANOS
LA GENTE
XV. EL ARMA NO SECRETA
XVI. ¡MÁS ATESTADOS!
XVII. ¡LOS BUENOS CHICOS ACABAN PRIMERO!

Dedicado a Carol Bruckner y a todas las otras personas agradables de la agencia de lectura «Harry Walker».

INTRODUCCIÓN

¿Qué debo hacer con los títulos? Es un problema con el que, tal vez, no debería molestarles, pero me gusta pensar que todos mis Gentiles Lectores son amigos míos, ¿y para qué están los amigos si no para darles la lata con problemas?

Muchas veces he permanecido mirando una hoja de papel en blanco durante varios minutos, incapaz de comenzar un artículo científico, aunque supiese exactamente de lo que iba a tratar y cómo desarrollarlo, y todo lo demás al respecto. Todo..., menos el título que iba a ponerle. En realidad, sin un título no puedo empezar.

Es algo, naturalmente, que ha ido empeorando con el transcurso del tiempo, puesto que sufro la maldición de ser prolífico. Más de doscientos treinta libros, más de trescientos cuentos; más de mil trescientos ensayos de literatura no novelesca... Y todos necesitan un título... Un nuevo título... Un título que diga algo.

A veces, me gustaría limitarme sólo a numerar cada producto, de la forma como lo efectúan los compositores. Y ya lo realicé en dos ocasiones. Mis libros centésimo y duocentésimo se llamaron *Opus 100* y *Opus 200*, respectivamente. ¿Suponen cómo intento denominar a mi libro tricentésimo, si sobrevivo para escribirlo?

No obstante, en general, los números no funcionan. No son muy bonitos como títulos (1984 es el único ejemplo con éxito en que puedo pensar). Son difíciles de diferenciar y de identificar. Imagínense entrando en una librería y, en el último momento, se olvidan de si lo que buscan es el 123 o el 132. Conozco gente que ha tenido problemas para recordar el título de un libro de cálculos, que, precisamente, se llamaba de ese modo: *Cálculos*.

Además, los editores insisten en títulos sugerentes, y el Departamento de Ventas en títulos que se vendan, y yo insisto en

títulos que me gusten. El complacer a todos resulta difícil, por lo que me concentro primero en complacerme a mí mismo.

Existen varias clases de títulos que me complacen, en lo que se refiere a mis ensayos científicos. Por ejemplo, me gustan las citas que puedan aplicarse al tema materia del ensayo de una forma inesperada.

Pongamos por caso que sabemos, exactamente, lo que Lady Macbeth quiere decir cuando grita agónicamente, en la escena en que anda sonámbula: «¡Fuera, mancha maldita...!» Pero también puede decirse a un perro llamado *Mancha* que acabe de entrar en la alfombra de la sala de estar con las pezuñas embarradas, o incluso aplicarse también de una forma exacta, tal y como hice en mi primer ensayo.

Y cuando Julieta previene a Romeo contra el jurar por «la inconstante luna», no dice exactamente lo que pretendo decir en el título del noveno ensayo.

Otra forma de emplear una cita es retorcerla un poco. Leo Durocher dijo: «Los tipos estupendos terminan los últimos», y Marco Antonio, se refirió a Bruto como «el más noble de todos los romanos». Si cambio una palabra para conseguir un título que se adecue con el tema objeto del ensayo, me siento de lo más feliz. O puedo cambiar un cliché en su opuesto, e ir de «un arma secreta» a «un arma no secreta».

Pero no siempre me es posible. A veces, tengo que emplear algo tan pedestre como «¡Neutralidad!» o «¡Más atestado!», y luego me encanta ya escribir todo el ensayo con mi labio inferior tembloroso y mis azules ojos al borde de las lágrimas.

Pero incluso mis series de ensayos científicos se han hecho lo suficientemente numerosas como para causarme problemas. Éste es el quinto de una serie tomada de *The Magazine of Fantasy and Science Fiction* (sin contar cuatro libros que son una refundición de ensayos ya publicados anteriormente).

El primer libro de la serie se titulaba *Hechos y fantasías*, porque, de una forma bastante lógica, los ensayos trataban de un hecho científico (tal y como se comprendía en el tiempo en que fue escrito) y de mis propias especulaciones acerca de aquellos hechos.

El segundo y tercer libro se titulaban *Vista desde una altura y añadiendo una dimensión*, respectivamente. En cada caso, el título era una frase tomada de la introducción.

No obstante, el tercer título me dio una idea. ¿Por qué, en cada título, no emplear una palabra diferente que estuviese asociada con la ciencia? El tercer título incluía la palabra «dimensión», por ejemplo.

Por ello, el cuarto título se convirtió en *Del tiempo y del espacio y otras cosas*, que contenía las palabras «tiempo» y «espacio», y donde había (más o menos) una descripción de la naturaleza de los ensayos. Tras esto, los títulos incluyeron, sucesivamente, «tierra», «ciencia», «sistema solar», «estrellas», «electrón», «luna», «materia(s)», «planeta», «quasar» e «infinito».

Doubleday & Company, mis estimados editores norteamericanos, no confiaron, de todos modos, en mis coloridos títulos. Subtitularon la primera de las series como *Diecisiete ensayos especulativos* en la sobrecubierta del libro, aunque no en la primera página. Continuaron introduciendo cambios como «ensayos acerca de las ciencias», en los primeros cinco libros de la serie, y luego lo dejaron correr y permitieron que los nombres se aguantasen por sí solos. Las ventas no quedaron adversamente afectadas cuando se omitieron los subtítulos.

El título del octavo libro fue *Las estrellas y sus recorridos*, que daba la casualidad de que era el título de uno de los ensayos del volumen.

Eso suscitó mi fantasía. No todo título de un ensayo es aconsejable para toda la colección, pero, cuando se trata de diecisiete ensayos, por lo menos uno es muy probable que sea de utilidad. Por lo tanto, de los volúmenes octavo al decimocuarto, inclusive (excepto para *De las materias grandes y pequeñas)*, cada uno de los títulos constituyó un duplicado de alguno de los ensayos.

Y esto nos lleva a este volumen.

Algunos de los títulos de ensayos individuales de este libro son, obviamente, no acomodables para el tomo como un todo.

Llamar al libro *¿Cuán pequeño?* o *Sólo treinta años* no brindaría una idea de todo lo que contiene y resulta antideportivo.

Llamarlo *El dedo de Dios* o *Los tipos agradables acaban primero* podría conferir una activamente equivocada visión del contenido. No hubiera querido que la gente creyese que el libro trataba ni de teología ni de automejoramiento.

La luna inconstante hubiera sido un buen título, pero uno de mis volúmenes de ensayos ya se llamaba *La tragedia de la luna.*

Me vi fuertemente tentado por *Clon, clon de mí mismo,* pero los clones son en la actualidad un tema de tal interés para el público en general, que muchas personas que han oído hablar de mí podrían verse tentadas a comprar el libro sobre la base del título y quedarían luego decepcionados.

Por tanto, me decidí por *El sol brilla luminoso.* Podía existir un pequeño fallo en el sentido de que la palabra «luminoso o brillante» también sale en *Quasar, quasar, brillad luminosamente,* pero no había empleado la palabra «sol» en ninguno de los títulos, y también se merece un papel, por lo que me decidí por ese título.

No obstante, hagan el favor de recordar que el libro no tiene nada que ver con Kentucky o con Stephen Foster.

EL SOL

I. ¡FUERA, MANCHA MALDITA!

¡Adoro las coincidencias! Cuanto más extravagantes son, mejor. Las amo porque, aunque sólo los irracionalistas se muestran deseosos de prenderse a numerosas teorías llenas de basura, yo las veo sólo por lo que son: coincidencias.

Por ejemplo, por citar un caso personal...

Allá por 1925, mi madre desfiguraba mi edad por un doble motivo.

Había manifestado a las autoridades escolares que mi fecha de nacimiento era el 7 de septiembre de 1919, por lo que, el 7 de setiembre de 1925, yo debería tener seis años de edad, y esto me cualificaría para entrar en el primer grado al día siguiente (para lo que me encontraba más que dispuesto).

En realidad había nacido el 2 de enero de 1920, y no era elegible por otro medio año, pero como he nacido en Rusia, no existían certificados de nacimiento que pudiesen oponerse a la declaración de mi madre.

En el tercer grado, descubrir que los archivos de la escuela registraban como fecha de nacimiento el 7 de septiembre, y tuve que mostrar mis objeciones con tanto vigor, que lo cambiaron todo a la fecha correcta del 2 de enero de 1920.

Años después, durante la Segunda Guerra Mundial, trabajé como químico en el Astillero de la Marina norteamericana en Filadelfia (junto con Robert Heinlein y L. Sprague de Camp), y esto significó que se prorrogó mi alistamiento.

Sin embargo, a medida que la guerra avanzaba, y dado que mi trabajo se hizo, en consecuencia, menos importante, los caballeros de mi caja de reclutamiento miraron hacia mí con un anhelo cada vez más creciente. Finalmente, cinco días después

del Día de la Victoria, recibí mi citación y, llegado el momento, conseguí el etéreo *status* de soldado raso.

Esta notificación para la incorporación a filas llegó el 7 de septiembre de 1945, y, en aquella época, sólo eran reclutados los hombres de menos de veintiséis años. Si no hubiese corregido la declaración inexacta de mi madre de veinte años antes, el 7 de septiembre hubiera sido mi vigésimo sexto cumpleaños y no habría sido reclutado.

Pero esto es sólo una pequeña coincidencia. Yo había llegado a una más enorme y referente a una figura histórica, aunque una posiblemente menor, según creo, respecto de la que había registrado en conexión con Pompeyo[1]. Naturalmente, debo comenzar por el principio.

En los tiempos medievales, los estudiosos de la Europa Occidental seguían el dictado de Aristóteles respecto de que los cuerpos celestes eran inmutables y perfectos. De hecho, creer otra cosa hubiese constituido algo blasfemo, dado que así parecería impugnarse la calidad de la Obra de Dios.

En particular, el Sol parecía perfecto. Era un contenedor bañado por la luz de los cielos, y no había cambiado desde el momento de su creación. Ni cambiaría en ningún tiempo futuro, hasta el momento en que pluguiese a Dios el que el Sol llegase a su final.

Para asegurarse, de vez en cuando el Sol podía ser contemplado con impunidad cuando brillaba a través de la neblina y cerca del horizonte. Y en ese caso aparecía, en raros momentos, como si existiese algún tipo de manchas en él. Esto podía interpretarse como una pequeña nube oscura o, quizá, se trataba del planeta Mercurio al pasar entre el sol y la Tierra. Pero nunca se pensó que pudiese ser un defecto del sol, el cual, por definición, era intachable.

Pero luego, hacia fines de 1610, Galileo, al emplear su telescopio para observar el Sol durante la neblina del anochecer (procedimiento arriesgado que, probablemente, contribuyó a la

---

[1] «Pompeyo y la circunstancia», en *Left Hand of the Electron* (Doubleday, 1972).

ceguera que llegó a afectar a Galileo), vio manchas oscuras en el disco solar. Otros astrónomos, que se enteraron muy pronto del uso que se hacía del telescopio, también informaron de aquellas manchas; uno de ellos fue un astrónomo alemán, Cristof Scheiner, que era jesuita.

El superior de Scheiner, que había oído hablar de la observación, previno a éste para que no llevase demasiado lejos la fe en sus observaciones. A fin de cuentas, Aristóteles no había efectuado ninguna mención de aquellas manchas, y eso significaba que no existían.

Por tanto, Scheiner publicó sus observaciones de una forma anónima, y dijo que se trataban de pequeños cuerpos que orbitaban al Sol y que no formaban parte de él. De esta manera, se seguían los dictados de Aristóteles respecto de la perfección solar.

Galileo, que tenía muy poco temple, y estaba particularmente inclinado a querer conseguir para él los méritos, discutió aquel asunto de una forma intempestiva y, como solía, con brillante sarcasmo. (Esto suscitó la hostilidad de los jesuitas, que pusieron su granito de arena en los problemas que tuvo Galileo con la Inquisición.)

Galileo insistió en que sus observaciones habían sido las primeras, y ridiculizó la sugerencia de que las manchas no formasen parte del Sol. Señaló que, en cada limbo del Sol, las manchas se movían con mayor lentitud y se veían más en escorzo. Por ello, dedujo que las manchas constituían parte de la superficie solar, y que su movimiento era el resultado de la rotación del Sol sobre su eje, en un período de veintisiete días. Fue del todo correcto en esto, y la noción de la perfección solar murió, para dolor de muchos de los que detentaban el poder, y ello contribuyó asimismo a los problemas que tuvo Galileo llegado el momento.

Tras esto, varios astrónomos informarían, ocasionalmente, acerca de manchas solares, o de carencia de manchas solares, y dibujaron bosquejos de su aparición y demás circunstancias.

El siguiente acontecimiento de real interés se produjo en 1774, cuando un astrónomo escocés, Alexander Wilson, se percató de la existencia de una gran mancha solar, que se aproximaba al limbo del Sol cuando éste era visto de perfil, y con la apariencia de ser cóncava. Se preguntó si los bordes oscuros de la mancha solar no podrían ser declives, como la superficie interior de un cráter, y si el centro oscuro no sería un agujero en las profundidades del Sol.

Este punto de vista fue seguido, en 1795, por William Herschel, el más importante astrónomo de su época. Sugirió que el Sol era un cuerpo frío, opaco, con una capa ígnea de gases a su alrededor. Según este punto de vista, las manchas solares eran agujeros a través de los cuales podía verse el cuerpo frío de debajo. Herschel especuló respecto de que el cuerpo frío podía incluso estar habitado.

Naturalmente, todo esto se demostró erróneo puesto que, como realmente sucede, la superficie brillante del Sol es su parte más fría.

Cuanto más se profundiza en el Sol, más calor encontramos, y así en su centro, la temperatura es de quince millones de grados. No obstante, esto no fue comprendido hasta los años 1920. Incluso los tenues gases que se encuentran por encima de la superficie solar son más calientes que la parte brillante que vemos, con una temperatura que rebasa el millón de grados, aunque esto no se descubrió hasta los años 1940.

En lo que se refiere a las manchas solares, no son realmente negras. Están un par de miles de grados más frías que la porción sin manchas de la superficie del Sol, por lo que irradian menos luz y parecen en comparación oscuras. Si, por ejemplo, Mercurio o Venus se mueven entre nosotros y el Sol, cada uno de ellos se muestra sobre el disco solar como un pequeño círculo *realmente* negro, y si ese círculo avanza cerca de una mancha solar, se comprueba que la mancha no es auténticamente negra. Así, aunque la idea de Wilson-Herschel fuese equivocada, suscitó ulterior interés acerca de las manchas solares.

El progreso real llegó con un alemán llamado Heinrich Samuel Schwabe. Era un farmacéutico aficionado a la astronomía. No obstante, trabajaba todo el día, por lo que no se podía pasar la noche mirando a las estrellas. Se le ocurrió que si existía alguna clase de tarea astronómica que se practicase durante el día, haría observaciones en los períodos en que la tienda se hallaba más tranquila.

Aquella tarea se sugirió por sí misma. Herschel había descubierto el planeta Urano, y todos los astrónomos soñaban ahora con descubrir un planeta. Cabía suponer que se encontrase un planeta más cercano al Sol que el mismo Mercurio. Se hallaría siempre tan próximo al Sol que sería extremadamente difícil el detectarlo. Sin embargo, de vez en cuando pasaría entre el Sol y nosotros mismos. ¿Y por qué no, entonces, observar la cara del Sol en busca de algún círculo oscuro y móvil?

Sería pan comido si se viera la mancha. No constituiría una mancha solar, la cual no tendría forma perfectamente redondeada, y no viajaría a través de la superficie del Sol tan rápidamente como lo haría un planeta. Ni tampoco sería Mercurio o Venus, si podían localizarse esos planetas en cualquier otro sitio. Y otra cosa que no fuese Mercurio, Venus o una mancha solar, debería ser un nuevo planeta.

En 1825, Schwabe comenzó a observar el Sol. No encontró ningún planeta, pero tampoco pudo hallar las manchas solares. Al cabo de poco tiempo, se olvidó de lo del planeta y comenzó a hacer bosquejos de las manchas solares, las cuales cambiaban de posición y de forma de día en día. Observó cómo morían las antiguas y se formaban otras nuevas. Se pasó nada menos que diecisiete años observando el Sol todos los días que no estuviesen completamente nublados.

Hacia 1843, fue capaz de anunciar que las manchas solares no aparecían al azar. Que existía un ciclo. Año tras año, había más y más manchas solares, hasta llegar a un ápice. Luego, el número disminuía hasta que casi desaparecían y se iniciaba un nuevo ciclo. El espacio de tiempo entre ápice y ápice era de unos diez años.

La comunicación de Schwabe fue ignorada hasta que el conocido científico Alexander von Humboldt se refirió a ella, en 1851, en su libro *Cosmos,* que constituía una gran visión global de la Ciencia.

En aquella época, el astrónomo escocés-alemán Johann von Lamont estaba midiendo la intensidad del campo magnético de la Tierra, y descubrió que aumentaba y disminuía de una forma regular. En 1852, un físico británico, Edward Sabine, indicó que la intensidad del campo magnético de la Tierra aumentaba y disminuía en coincidencia con el ciclo de las manchas solares.

Eso hizo ver que las manchas solares afectaban a la Tierra y, por lo tanto, empezaron a ser estudiadas con devorador interés.

Cada año, se concedió un «número de mancha solar Zürich», según una fórmula elaborada en primer lugar, en 1849, por un astrónomo suizo, Rudolf Wolf, que, naturalmente, era de Zürich. (Fue el primero en indicar que la incidencia de las auroras boreales también aumentaba y disminuía en relación con el ciclo de las manchas solares.)

Los informes de fechas anteriores al descubrimiento de Schwabe fueron cuidadosamente estudiados, y también se otorgó número de manchas solares a aquellos años. En la actualidad, tenemos una curva en forma de diente de sierra, que une el número de manchas solares durante un período de dos siglos y medio. El intervalo promedio entre ápice y ápice durante todo ese tiempo es de 10,4 años. No obstante, ello no representa una regularidad tipo metrónomo, dado que algunos intervalos de ápice a ápice son sólo de 7 años, mientras que existen otros que alcanzan incluso los 17 años.

Y lo que es más, esos puntos más elevados tampoco tienen siempre igual número. Se produjo un ápice en 1816, con un número de manchas solares de sólo unas 50. Por otra parte, el ápice de 1959 presentó un número de manchas solares de 200. En realidad, ese punto máximo de 1959 fue el más alto registrado. El ápice siguiente, en 1970, fue sólo la mitad.

Las manchas solares parecen causadas por cambios en el campo magnético del Sol. Si el Sol rotase como un todo (lo mismo que hace la Tierra o cualquier cuerpo sólido), el campo magnético debería ser suave y regular, y contenerse, sobre todo, debajo de la superficie.

En la actualidad, el Sol no da vueltas como una sola pieza. Porciones de la superficie, y que se encuentran más lejos de su ecuador, tardan más tiempo en efectuar un giro completo que las porciones más cercanas al eje ecuatorial. Esto tiene como resultado un efecto en cizalla que, al parecer, retuerce las líneas de fuerza magnética, aplastándolas hacia arriba y hacia fuera de la superficie.

De este modo las manchas solares constituyen el punto de emergencia de las líneas de fuerza magnética. (No fue hasta 1908, tres siglos después del descubrimiento de las manchas solares, cuando el astrónomo norteamericano George Ellery Hale detectó un fuerte campo magnético en asociación con las manchas solares.)

Los astrónomos debían averiguar las razones de por qué el campo magnético crece y se desvanece de la forma en que lo hace; de por qué el período varía, tanto en duración como en intensidad; de por qué las manchas solares aparecen en una elevada latitud, al principio de un ciclo, y se abre camino más cerca del ecuador solar a medida que el ciclo progresa; de por qué la dirección del campo magnético se invierte con cada nuevo ciclo, y así indefinidamente.

No es una cosa fácil, puesto que se hallan implicados numerosos factores, la mayor parte de los cuales son mal comprendidos (algo parecido a como resulta predecir el tiempo en la Tierra).

Naturalmente, el mudable campo magnético del Sol produce cambios, además de las variables presencias y posiciones de las manchas solares. Altera la incidencia de las erupciones solares, la forma de la corona, la intensidad del viento solar, etc. Ninguna de esas cosas se encuentra interconectada de una forma obvia, pero el hecho de que todas crezcan y disminuyan

al unísono, deja claro que deben tener una causa que les sea común.

Los cambios en la intensidad del viento solar afectan a la incidencia de las auroras boreales en la Tierra, y de las tormentas eléctricas, y, probablemente, alteran el número y naturaleza de las partículas iónicas en la atmósfera, a partir de las cuales pueden formarse las gotas de lluvia. De ese modo el tiempo puede verse afectado por el ciclo de las manchas solares y, como consecuencia, la incidencia de sequías, de hambres, de intranquilidad política, todo lo cual relacionarán ciertos entusiastas con el ciclo de las manchas solares.

En 1893, el astrónomo británico, Edward Walter Maunder, al hacer comprobaciones en los informes más primitivos, para poner al día el ciclo de manchas solares con anterioridad al siglo XVIII, quedó asombrado al descubrir que, virtualmente, no existían informes sobre manchas solares entre los años 1643 y 1715. (Esos límites son, en cierta forma, arbitrarios. Los he elegido —por una oculta razón propia, que revelaré después—, pero, sin embargo, son bastante ajustados.)

Existían informes fragmentarios acerca de numerosas manchas solares, e incluso dibujos de sus formas, en tiempo de Galileo y de sus contemporáneos e inmediatos sucesores, pero, a continuación, no existía nada. Y no es que nadie dejara de mirar. Hubo astrónomos que realizaron observaciones y que informaron de no haber podido localizar manchas solares.

Maunder publicó sus descubrimientos en 1894, y de nuevo en 1922, pero nadie le prestó atención. El ciclo de manchas solares estaba muy bien establecido, y no parecía posible que algo lo afectase. En 1900, un Sol sin manchas resulta tan inaceptable como un Sol con manchas lo había sido en 1600.

Pero luego, hacia los años 1970, el astrónomo John A. Eddy, al dar con el informe que, llegado el momento, denominó los «mínimos de Maunder», decidió seguir adelante con aquel asunto.

Al realizar todas esas comprobaciones, averiguó que los informes de Maunder eran correctos. El astrónomo italo-francés Giovanni Domenico Cassini, que fue el principal observador

de su tiempo, localizó una mancha solar en 1671, y escribió que habían pasado veinte años sin que se viesen manchas solares de ningún tamaño. Era lo suficiente buen astrónomo como para haber determinado el paralaje de Marte y detectado la «división Cassini» en los anillos de Saturno, por lo que resultaba de lo más competente para ver manchas solares si las hubiese habido. Ni tampoco era probable que fuese engañado por los cuentos de que no habría ninguna si tales cuentos fuesen, en realidad, falsos.

John Flamsteed, el Astrónomo Real de Inglaterra, otro observador muy competente y cuidadoso, informó, en determinado momento, que, finalmente, había localizado una mancha solar después de siete años de mirar el Sol.

Eddy investigó los informes de observaciones de las manchas solares con el ojo desnudo, procedentes de muchas regiones, entre las que se incluían los datos del Lejano Oriente, y que no había tenido disponibles Maunder. Tales registros se retrotraían hasta el siglo V a.C. y, por lo general, contenían de cinco a diez observaciones por siglo. (Sólo las manchas muy grandes pueden observarse a simple vista.) No obstante, existían lagunas, y una de ellas abarcaba los mínimos de Maunder.

Aparentemente, los mínimos de Maunder eran bien conocidos incluso después de que Schwabe hubiese descubierto el ciclo de manchas solares, pero fueron luego olvidados a causa de que no se adecuaban a los nuevos conocimientos. En realidad, había sido así porque los mínimos de Maunder se habían establecido mucho después del descubrimiento de las manchas solares, como para poder relacionar el mencionado ciclo de las manchas.

No fueron sólo los informes de la carencia de manchas solares los que establecieron la existencia de los mínimos de Maunder. Existían otros informes consistentes y relacionados con otras consecuencias del campo magnético del Sol.

Por ejemplo, el viento solar es el responsable de las auroras boreales, y se halla relacionado con el campo magnético del Sol, particularmente con los estallidos de las erupciones de energía solar, que son más corrientes cuando el Sol se halla más

activo magnéticamente; es decir, en las épocas en que se produce la incidencia de las mayores manchas solares.

Si se produjeron pocas o ninguna manchas solares, durante un período de setenta años, debió de tratarse de una época, en general, tranquila para el Sol, desde el punto de vista del magnetismo, y el viento solar sólo resultó ser un céfiro. En este aspecto, y visibles desde Europa en aquel tiempo, tuvieron que producirse pocas o ninguna auroras boreales.

Eddy revisó los archivos, y descubrió que los informes de auroras boreales también se hallaban ausentes durante los mínimos de Maunder. Existían numerosos informes, a partir de 1715, y también unos cuantos antes de 1640, pero casi ninguno entre las mencionadas fechas.

Una vez más, cuando el Sol se hallaba magnéticamente activo, las líneas de fuerza se expanden con mucha mayor violencia que cuando el Sol se encuentra magnéticamente inactivo. Las partículas cargadas en la atmósfera más exterior del Sol, o corona, tienden a situarse en espiral sobre las líneas de fuerza, y cuanto en mayor número lo efectúen, y de una forma más apretada, más vigorosas son las líneas de fuerza.

Esto significa que la apariencia de la corona solar, durante un eclipse total de Sol, cambia de acuerdo con las posiciones de éste en el ciclo de las manchas solares. Cuando el número de manchas solares se acerca a su ápice, y la actividad magnética del Sol es elevada, la corona se aparece llena de auroras que irradian desde el Sol y que son en extremo complejas y bellas.

Cuando el número de manchas solares es bajo, existen pocas o ninguna auroras, y la corona aparece como una neblina sin forma alrededor del Sol, y no presenta nada que sea notable.

Desgraciadamente, durante los mínimos de Maunder, los astrónomos aún no tenían la costumbre de viajar por todo el mundo con objeto de ver eclipses totales de Sol (no era tan fácil entonces, como se hizo después, el recorrer largas distancias), por lo que sólo unos pocos de los más de sesenta eclipses tota-

les de este período pudieron ser observados con detalle. De todos modos, los que lo fueron mostraban coronas que eran, en todo caso, del tipo asociado con mínimos de manchas solares.

Las auroras y la corona son sólo partes de una corroboración por entero independiente. No existían en aquella época razones para asociarlas, de una forma u otra, con las manchas solares, y, sin embargo, las tres llegan a coincidir en realidad.

Un detalle más, y el más expresivo de todos.

Existe siempre algo de carbono-14 radiactivo en el bióxido de carbono atmosférico. Lo producen los rayos cósmicos al chocar contra los átomos de nitrógeno de la atmósfera. Las plantas absorben el bióxido de carbono y lo incorporan a sus propios tejidos. Si da la casualidad que haya más carbono-14 de lo usual en el bióxido de carbono atmosférico, en algún año particular, entonces, en ese año, el tejido de la planta es más rico de lo normal en dicho átomo radiactivo. La presencia de carbono-14, ya sea ligeramente más o ligeramente menos que lo normal, es siempre en extremo pequeña, pero los átomos radiactivos pueden detectarse con gran delicadeza y precisión, e incluso los vestigios llegan a ser suficientes.

Ahora bien, cuando el Sol se halla magnéticamente activo, su campo magnético se extiende tan lejos hacia el exterior, que alcanza a la misma Tierra y la envuelve en él. El campo sirve para desviar alguno de los rayos cósmicos, por lo que se forma y se deposita menos carbono-14 en el tejido de las plantas.

Cuando el campo magnético del Sol disminuye en el momento de los mínimos de manchas solares, la Tierra no queda protegida, y en este caso llegan más rayos cósmicos y se forma y deposita más carbono-14.

En resumen, los tejidos de las plantas que se constituyen en los años de un mínimo de manchas solares, por lo general tienen un elevado contenido en carbono-14, mientras que los tejidos vegetales formados en años de un máximo de manchas solares son, generalmente, bajos en carbono-14.

Los árboles engruesan su madera de año en año, y ello resulta visible por medio de los anillos del árbol. Si conocemos

el año en que un árbol ha sido cortado, y contamos los anillos podemos asociar cada anillo con un año en particular.

Si se extrae cada anillo del árbol y se analiza por separado en busca de su contenido en carbono-14 (teniendo en cuenta el hecho de que el contenido de carbono-14 declina con los años, mientras que los átomos disminuyen según un índice conocido), se puede trazar un ciclo de manchas solares sin tener que mirar los registros solares. (Naturalmente, esto es un poco arriesgado, dado que pueden existir otros factores que aumenten y disminuyan el contenido de carbono-14 del bióxido de carbono atmosférico, además de la actividad del campo magnético del Sol.) Y se dio el caso de que los anillos de árboles que databan de la segunda mitad del siglo XVIII, eran desacostumbradamente altos en carbono-14, lo que constituye una confirmación más independiente de los mínimos de Maunder.

En realidad, el dato de los anillos de los árboles es mucho mejor que otra cosa por dos razones. En primer lugar, no dependen del registro de observaciones humanas las cuales, naturalmente, son subjetivas e incompletas. En segundo lugar, mientras que las observaciones humanas son cada vez más escasas, en cuanto retrocedemos en el tiempo antes de 1700, los datos de los anillos de los árboles son mucho más sólidos para períodos mucho mayores.

De hecho, si hacemos uso de algunos árboles como la secoya, que es el objeto viviente de una existencia más prolongada, podremos rastrear hacia atrás las variaciones en carbono-14 durante cinco mil años; en resumen, a través de todos los tiempos históricos.

Los informes de Eddy dan idea de que existen unos doce períodos, durante los últimos cinco mil años, en los que la actividad del magnetismo solar disminuye, con esos mínimos extendidos y que se prolongan desde cincuenta años a un par de siglos. Los mínimos de Maunder constituyen sólo el último de tales períodos.

Antes de los mínimos de Maunder, hubo un extenso mínimo, desde 1400 a 1510. Por otra parte, existieron períodos de

una particularmente elevada actividad, como los que tuvieron lugar entre 1100 y 1300.

Así, pues, aparentemente, existe un ciclo de manchas solares de largo alcance, en el que se sobrepone el ciclo de corto alcance descubierto por Schwabe. Existen períodos en que el Sol se halla tranquilo y el campo magnético es débil y se comporta bien, y las manchas solares y otros fenómenos asociados se encuentran, virtualmente, ausentes. Y existen también otros períodos, en los que el Sol aparece activo y el campo magnético emprende violentas oscilaciones en su fuerza, y las manchas solares y los otros fenómenos asociados llegan a unos ápices decenales.

¿Qué origina esa oscilación de largo alcance entre los mínimos de Maunder y los ápices de Schwabe?

Ya he manifestado antes que las manchas solares se considera que son causadas por la diferente rotación de las distintas partes de la superficie solar. ¿Y qué pasaría si no hubiese diferencias en la rotación?

De los dibujos de manchas solares realizados por el astrónomo alemán Johannes Hevelius, en 1644, exactamente al principio de los mínimos de Maunder, se desprende que el sol parece haber estado rotando como un todo en aquella época. Que no había deformaciones, ni retorcidas líneas de fuerza magnética, nada más que un tranquilo campo magnético, de muy buena conducta, un mínimo de Maunder.

¿Pero qué origina que el Sol, periódicamente, gire en una sola pieza y produzca un mínimo de Maunder, y luego desarrolle una diferencia en la rotación y genere un ápice de Schwabe?

Me alegra ser capaz de responder a esta interesante pregunta de una forma clara y breve: Nadie lo sabe.

¿Y qué sucede sobre la Tierra cuando existe un mínimo de Maunder? Durante este período, ocurre que Europa ha sufrido «un pequeño período glacial», en que el tiempo era más frío de lo que antes había sido y de lo que lo sería después. El previo y extenso mínimo, desde 1400 a 1510, también vio un tiempo

frío. Las colonias escandinavas en Groenlandia acabaron muriendo bajo la tensión del frío, después de haberse aferrado a la existencia durante más de cuatro siglos.

Pero puede tratarse sólo de una coincidencia, y tengo otra mejor. ¿Qué posibilidades existen de que un monarca reine durante setenta y dos años? Obviamente, muy pocas. Sólo un monarca en la historia de Europa se las pudo arreglar para reinar durante tanto tiempo, y éste fue Luis XIV de Francia.

Dado un reinado de tanta extensión, y unos mínimos de Maunder tan prolongados, ¿cuáles son las oportunidades de que los dos se emparejen exactamente? Enormes, supongo, puesto que, en realidad, Luis XIV ascendió al trono a la muerte de su padre, en 1643, y siguió siendo rey hasta que murió en 1715. Fue rey, precisamente, durante toda la extensión de los mínimos de Maunder.

En su infancia, y para evitar ser capturado por los nobles revoltosos durante la guerra civil llamada de la Fronda, Luis XIV se vio forzado a huir de París. Nunca perdonó ni a París ni a los nobles.

Una vez volvió a tomar en sus manos las riendas del gobierno, tras la muerte de su ministro, Jules Mazarino, en 1661, Luis decidió asegurarse de que aquello no volvería a suceder más. Planeó abandonar París y construir una nueva capital en Versalles, en los suburbios. Ideó asimismo establecer un elaborado código de etiqueta y simbolismo, que redujese a la orgullosa nobleza a un grupo de lacayos que nunca más soñarían en rebelarse.

En resumen, haría de sí mismo el símbolo sin rivales de Estado («El Estado soy yo», manifestó), mientras todos los demás sólo brillarían a la luz del rey.

Y adoptó como su símbolo al dirigente sin rivales del Sistema solar, al Sol, del cual toman prestada la luz los otros cuerpos. Y se llamó a sí mismo *Le Roi Soleil*.

Y dado que fue el gobernante cuyo largo reinado coincidió exactamente con el período en que el Sol brilló con una más pura y sin mácula majestad —algo cuyo significado no fue

comprendido, posiblemente, en aquella época—, se llamó a sí mismo, y aún sigue siendo conocido así, el Rey Sol.

II. EL SOL BRILLA LUMINOSO

Como todos saben, me gusta empezar por el principio. Ocasionalmente, esto desconcierta a la gente, lo cual resulta intrigante.

A fin de cuentas, la descripción más común que he oído de mis escritos es ésta: «Asimov hace que las ideas complejas sean fáciles de comprender». Y si es así, ¿no tendrá algo que ver con el hecho de que comienzo desde el principio?

Sin embargo, los editores que publican mis materiales por primera vez, a veces quedan desconcertados con eso de comenzar desde el principio y piden una «pista».

Incluso los editores que tienen experiencia conmigo, en ocasiones se sienten incómodos. En una ocasión, se me pidió que escribiese un libro acerca del neutrino, y salté ante aquella oportunidad. Incluso pensé en un título pegadizo para él. Lo llamé *El neutrino.*

Comencé el libro describiendo la naturaleza de las grandes generalizaciones que llamamos las leyes de la Naturaleza. Hablé acerca de cosas tales como la conservación de la energía, la conservación de la inercia y cosas parecidas. Señalé que dichas leyes eran tan útiles que, cuando un fenómeno observado iba contra una de ellas, resultaba necesario hacer cualquier esfuerzo razonable para conseguir que el fenómeno se adecuase a la ley, antes de desecharla y tener que empezar de nuevo.

Todo esto me llevó, precisamente, la mitad del libro. Entonces ya estuve dispuesto para considerar cierto fenómeno que rompe, no sólo una ley de la conservación, sino con tres de ellas, y señalé que, al postular la existencia de una partícula llamada el neutrino, con ciertas propiedades específicas, las tres leyes de conservación podrían guardarse de una sola tacada.

Debido a haber establecido cuidadosamente los fundamentos, me fue posible introducir al neutrino como algo «natural»,

un objeto respecto del cual todo el mundo mueve la cabeza y no sienten nada misterioso al suponer que existe, o con relación al hecho de que sólo fuese detectado veinticinco años después de que se predijese su existencia.

Con considerable satisfacción, titulé el capítulo 7 «Aparece el neutrino».

Y, al margen, mi editor escribió a lápiz: «¡Al fin!»

Por lo tanto, ahora quiero considerar algunos aspectos del neutrino que han conseguido cierta importancia después de haber escrito aquel libro. Y, una vez más, les prevengo que me llevará cierto tiempo el llegar al neutrino.

El Sol brilla luminoso porque parte de su masa está, continuamente, siendo convertida en energía. En realidad, el Sol, a fin de continuar brillando en su forma actual, debe perder $4,2 \times 10^8$ kg de masa cada segundo.

A primera vista, parece como si el Sol no pudiera durar lo suficiente para este Universo. *¿Miles de millones de kilogramos cada segundo?*

Cada año incluye 31.557.000 segundos, y el Sol ha estado brillando, en números redondos, durante cinco mil millones de años. Esto significa que, en su existencia (si damos por supuesto que ha brillado, exactamente, de la misma forma que ahora durante todo ese tiempo), el Sol debe de haber perdido, en conjunto, algo así como 158×10^{15} kg de masa. Y en ese caso, ¿por qué está aún ahí? Porque tiene muchísima masa. Ésa es la razón.

Toda la pérdida de masa que acabo de describir, tras sus primeros cinco mil millones de años de existencia, representa sólo una diezbillonésima parte de la masa total del Sol. Si el Sol tuviese que continuar perdiendo masa de esta forma, y si debiese seguir brillando como lo hace hoy, aún pasarían (si la pérdida de masa constituyese el único requerimiento) más de 60 trillones de años, antes de que se despabilase como la llama de una vela.

El problema radica en que el Sol no pierde simplemente masa; actúa como resultado de unas específicas reacciones nucleares.

Esas reacciones nucleares tienen lugar de una manera más bien complicada, pero el resultado neto es que el hidrógeno se convierte en helio. Para ser más específico, cuatro núcleos de hidrógeno, cada uno de los cuales consiste en un solo protón, se convierten en un simple núcleo de helio, formado por dos protones y dos neutrones.

La masa de un protón es (según las unidades estándar de masa hoy empleadas) 1,00797. Y cuatro de ellos, consiguientemente, poseen una masa de 4,03188. La masa de un núcleo de helio es de 4,00260. Al convertir cuatro núcleos de hidrógeno en un núcleo de helio, se produce una pérdida de 0,0293 unidades de masa, o el 0,727% de la masa de los cuatro protones.

En otras palabras, no podemos esperar que el Sol pierda toda su masa cuando el hidrógeno haya desaparecido. Sólo pierde el 0,727% de su masa mientras todo el hidrógeno se convierte en helio. (Puede perder un poco más de masa al convertir el helio en unos núcleos aún más complicados, pero esta pérdida adicional es pequeña en comparación con la disminución de hidrógeno a helio, y podemos despreciarla. También desdeñaremos las pequeñas pérdidas relacionadas con el mantenimiento del viento solar.)

Exactamente ahora, a fin de brillar tan luminoso, el Sol está convirtiendo cada segundo 580 mil millones de kg de hidrógeno en helio.

Si el Sol ha empezado su vida como hidrógeno puro, y si ha estado consumiendo hidrógeno a esta misma fija proporción desde siempre, en ese caso su existencia total antes de que los últimos rastros de hidrógeno se vean consumidos aún duraría cosa de 100 mil millones de años.

Para aseguramos, vamos a suponer que el Sol estuvo formado por algo que no fuese hidrógeno puro. La composición de la nube original que lo formó, parece ser que ya contenía un 20% de helio. Incluso así, al parecer existe suficiente hidrógeno en el Sol como para que siga brillando durante 75 mil millones de años en la proporción actual.

Y, sin embargo, no continuará durante tanto tiempo en la forma actual; ni de lejos. El Sol seguirá brillando, más o menos, en su forma actual durante sólo siete mil millones de años, a lo sumo. Luego, en su núcleo, que se habrá ido haciendo cada vez mayor y más caliente durante todo este tiempo, el helio comenzará a fundirse y ello dará inicio a una serie de cambios que producirán que el Sol se expanda hasta convertirse en una estrella gigante roja y, llegado el momento, se colapsará.

Incluso cuando comience su colapso, quedará todavía una buena cantidad de hidrógeno. En realidad, una estrella lo suficientemente grande como para formar una supernova y brillar, momentáneamente, con tanta luminosidad como una galaxia completa de estrellas, porque la mayor parte del hidrógeno que *aún* posee se consumirá de una sola vez.

Resulta claro que, si pretendemos conocer el futuro del Sol, debemos saber algo más que su contenido en hidrógeno y el índice actual de la pérdida de hidrógeno. Debemos conocer mucho más acerca de los detalles exactos de lo que está sucediendo en su núcleo exactamente ahora, para que podamos saber lo que ocurrirá en el futuro.

Enfoquemos el asunto desde un ángulo diferente. Si cuatro protones se convierten en un núcleo de helio de dos protones y dos neutrones, en ese caso dos de los protones originales deberán convertirse en neutrones.

De los 580 mil millones de kg de hidrógeno que se convierten en helio cada segundo, la mitad, es decir, 290 mil millones de kg representan protones que van a ser convertidos en neutrones.

Así, pues, existen unos
600.000.000.000.000.000.000.000.000 de protones en cada kilogramo de hidrógeno, una cifra que resulta más fácil representar por 6×10^{26}. Eso significa que existen, en números redondos, $1,75 \times 10^{39}$ protones en 290.000.000.000 kg; o, si se desea en la hilera actual:
175.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000

Por tanto, en el núcleo del Sol $1,75 \times 10^{39}$ protones están siendo convertidos en $1,75 \times 10^{39}$ neutrones cada segundo. Eso

es lo que hace posible el que usted pueda conseguir un buen bronceado en la playa; o, si prefiere mostrarse más lúgubre al respecto, es lo que hace posible que la vida exista.

Un protón no cambia a neutrón, de todos modos, de una forma tan sencilla. El protón posee una carga eléctrica positiva y el neutrón carece de carga. Por la ley de conservación de la carga eléctrica, esa carga positiva no puede desaparecer en la nada. Por esta razón, cuando un protón se convierte en un neutrón, se forma también un positrón. El positrón es una partícula más ligera, con sólo 1/1811 de la masa de un protón, pero lleva, exactamente, la carga eléctrica positiva de un protón.

En ese caso, el positrón no puede formarse tampoco por completo por sí mismo. Es una partícula de una clase que existe en dos variedades: «leptones» y «antileptones». Si se forma una partícula de esas variedades, en tal caso una partícula de la otra variedad debe también formarse. Esto se llama la ley de conservación del número de leptones. Esta ley de conservación admite dos variedades: la conservación del número de familia de electrón y la conservación del número de familia muón.[2]

El positrón es un ejemplo de un antileptón de la familia electrón. Tenemos que formar un leptón de la familia electrón para equilibrarlo. El neutrón y el positrón, al formarse, han consumido toda la masa y carga eléctrica del protón original; por lo tanto, el leptón que se equilibra no debe tener ni masa ni carga. No obstante, deben existir ciertas cantidades de energía, inercia angular, etc. El leptón que se ha formado para equilibrar el positrón es el neutrino, que carece de carga y de masa.

En el núcleo del Sol, pues, se forman, cada segundo, $1,75 \times 10^{39}$ positrones y $1,75 \times 10^{39}$ neutrinos.

Podemos desdeñar los positrones. Permanecen dentro del Sol, haciendo saltar otras partículas, siendo absorbidos, reemitidos, cambiados.

No obstante, los neutrinos son una materia diferente. Sin masa y sin carga, no se ven afectados por tres de los cuatro

[2] Puede ser concebible un número infinito de tales familias de leptones, cada una con su ley de conservación, pero aquí no debemos preocupamos por ello.

tipos de interacción que existen en el Universo: la fuerza, el electromagnetismo y la gravedad. Sólo les afecta una interacción débil.

La interacción débil decrece en intensidad tan rápidamente con el aumento de la distancia, que el neutrino debe estar casi en contacto con alguna de las otras partículas a fin de ser influido por la interacción débil. Sin embargo, sucede que el neutrino se comporta como si tuviese un diámetro de 10^{-21}, lo cual representa una cienmillonésima de la anchura de un protón o de un neutrón. Además, puede deslizarse a través de la materia sin perturbarla. Y si sucede que se aproxima a un núcleo atómico, un neutrino carece de masa y, pese a ello, se mueve a la velocidad de la luz. A diferencia de los protones y neutrones de movimientos más bien lentos, un neutrino no permanece en las cercanías de otra partícula durante más allá de 10^{-23} segundos.

La consecuencia de todo ello, es que un neutrino, virtualmente, nunca interactúa con ninguna otra partícula, sino que pasa como un rayo a través de la materia sólida, como si se tratase del vacío. Un rayo de neutrinos puede atravesar un año luz de plomo sólido y emerger del mismo apenas atenuado.

Esto significa que los neutrinos formados en el centro del Sol no son absorbidos, reemitidos o cambiados de ninguna forma significativa. Indiferentes a lo que les rodea, los neutrinos salen del núcleo del Sol en todas direcciones, a la velocidad de la luz. Tres segundos después de su formación, los neutrinos constituidos en el centro del Sol alcanzan la superficie del astro y se desplazan hacia el espacio. Por ello, el Sol emite $1,75\times10^{39}$ neutrinos al espacio cada segundo y, presumiblemente, de una forma igual en todas direcciones.

En unos ocho minutos después de su formación, esos neutrinos solares se encuentran ya a 150 millones de km del Sol, y ésta es, exactamente, la distancia a la que la Tierra orbita alrededor del Sol.

Sin embargo, no todos los neutrinos solares alcanzan la Tierra, porque no han estado moviendo en esta dirección. Los neutrinos solares pueden considerarse, ocho minutos después de la

formación, como si se moviesen a través de una gran esfera hueca, cuyo centro es el núcleo del Sol y un radio que equivale a 150 millones de km. El área de la superficie de semejante esfera es de unos $2{,}8 \times 10^{17}$ km^2.

Si los neutrinos solares se mueven en todas direcciones por igual, en ese caso, a través de cada kilómetro cuadrado de esa esfera imaginaria, están pasando $6{,}3 \times 10^{20}$ neutrinos. Hay 10 mil millones (10^{10}) de centímetros cuadrados por cada kilómetro cuadrado; por lo tanto, $6{,}3 \times 10^{10}$ (63 mil millones) de neutrinos pasan en un segundo a través de cada centímetro cuadrado de dicha esfera imaginaria.

Parte de la citada esfera se encuentra ocupada por la Tierra. La Tierra posee un radio de 6.378 km, por lo que el área de su sección de corte transversal es, en números redondos, de 128.000.000 km^2, o, aproximadamente, 1/2.000.000 de la esfera total imaginaria que rodea al Sol.

Un conjunto de unos 8×10^{28} de neutrinos solares pasan a través de la Tierra cada segundo, día y noche, año tras año.

¿Y cuántos le alcanzan a usted? Veremos: un ser humano tiene una forma irregular. Para simplificar el asunto, supongamos que un ser humano es un paralelepípedo, de 170 cm de altura, 35 cm de anchura y 25 cm de grosor. La sección de corte transversal sería de 35×25, es decir, 875 cm^2, y la mayor sección de corte transversal sería de 35×170, o 5.950 cm^2. La actual sección transversal que presenta un ser humano a la corriente de neutrinos, dependería de la orientación del hombre o la mujer con respecto al Sol.

Supongamos que 3.400 cm^2 representa un promedio razonable de la sección de corte transversal presentado a la corriente de neutrinos. En ese caso, un poco más de 2×10^{14} (200 billones) de neutrinos solares están pasando a través de su cuerpo cada segundo, aunque sin molestarle en absoluto...

De todos modos, de vez en cuando un neutrino alcanzará un núcleo atómico en ángulo recto para interaccionar e inducir una reacción nuclear que sería la inversa de la que hubiera producido un neutrón. La conversión de un protón en un neutrón produce un neutrino, por lo que la absorción convierte a un

neutrón en protón. La emisión de un neutrino se ve acompañada por la emisión de un positrón. La absorción de un neutrino va seguida por la emisión de un electrón, que es el opuesto a un positrón.

En el cuerpo humano, es posible que un neutrino sea absorbido cada cincuenta años, pero los físicos pueden concebir un mecanismo de absorción más eficiente.

Si un neutrino choca contra un núcleo de cloro-37 (17 protones, 20 neutrones), en ese caso uno de los neutrones se convertirá en un protón y argón-37 (18 protones, 19 neutrones), al mismo tiempo que se formará un electrón.

Para hacer detectable este proceso, se necesita una gran cantidad de átomos de cloro-37 en la más cercana proximidad, por lo que un número mensurable de los mismos será alcanzado. El cloro-37 recupera una cuarta parte de los átomos del elemento cloro. Como gas, el cloro es, principalmente, un espacio vacío, y para licuarlo y hacer que sus dos moléculas de dos átomos entren en contacto, se requiere presión elevada, baja temperatura, o ambas cosas. Es más sencillo emplear percloroetileno, que es líquido a la temperatura y presión ordinarias, y que está compuesto de unas moléculas, cada una de las cuales contienen dos átomos de carbono y cuatro átomos de cloro. La presencia de los átomos de carbono no se interfiere y el percloroetileno es razonablemente barato.

Naturalmente, necesitará un montón de percloroetileno: en realidad, unos 400.000 litros. También se necesita un sitio donde *sólo* sean alcanzados los neutrinos, por lo que se los introducirá a la profundidad de 2 km en una mina de oro, por ejemplo, de Dakota del Sur. Nada del espacio exterior, ni siquiera las partículas de rayos cósmicos más fuertes se abrirá paso a través de los 2.000 m de rocas para llegar al percloroetileno. Nada, excepto los neutrinos. Éstos se deslizarán por la roca, como si la misma no estuviese allí, y alcanzarán al percloroetileno.

¿Y qué pasará con los vestigios de radiactividad en las rocas alrededor del percloroetileno? Está bien, tendrá que rodear

esa tina con agua para absorber cualquier tipo de radiaciones radiactivas.

En 1968, Raymond Davis, Jr. hizo todo esto y comenzó a capturar neutrinos. No demasiados. Cada dos días, capturó *uno* en todos esos miles de litros de percloroetileno. Dejó que las capturas se acumulasen y luego empleó gas helio para eliminar cualquier átomo de argón que se hubiesen formado. Los pocos átomos de argón-37 podrían ser contados con precisión debido a ser radiactivos.

No obstante, se produjo una sorpresa. Se capturaron neutrinos..., pero no los suficientes. Davis consiguió sólo una sexta parte de los neutrinos que esperaba en sus primeras observaciones. Una vez hubo taponado hasta la última grieta, y trabajó en este asunto durante diez años, pudo aumentar el número hasta una tercera parte de lo que esperaba, pero no más.

¡Pero resulta excitante que, inesperadamente, algo funcione mal!

Si el experimento hubiese salido a la perfección, los científicos únicamente hubieran sabido que sus cálculos eran correctos. Se hubiesen sentido gratificados, pero no hubieran seguido adelante.

Al saber que algo va mal, eso significa que deben volver al viejo tablero de dibujo, para darle vueltas a lo que creen que saben. Si pueden modificar su teoría para que explique la observación anómala, averiguarán que la nueva (y presumiblemente mejor) teoría podrá, tal vez del todo inesperadamente, explicar también otros misterios.

Sí..., pero, ¿cómo explicar la anomalía?

Se sugirieron muchas clases de cosas. Quizá la teoría de la formación de neutrinos estuviese equivocada. A lo mejor los neutrinos no fuesen estables. Era posible que existiesen factores en el núcleo del Sol, con efectos de mezclado o de no mezclado, que no hubiesen sido tenidos en cuenta. Quizás el Sol hubiese incluso dejado de funcionar por alguna razón y, llegado el momento, el cambio alcanzaría a la superficie y ya no brillase con tanta luminosidad y todos acabaríamos por morirnos.

No obstante, en la ciencia tratamos de encontrar el *menor* ajuste de la teoría para explicar una anomalía; por lo tanto, antes de matar el Sol, es preciso pensar un poco.

Según nuestras teorías, el hidrógeno no se cambia directamente en helio. Si ocurriese así, todos los neutrinos formados serían de la misma energía. Lo que sucede es que el hidrógeno acaba en helio a través de cierto número de cambios que tienen lugar a diferentes velocidades, y algunos de los cambios representan caminos alternativos. Los neutrinos se producen en diferentes estadios del proceso, y cada cambio nuclear que origina un neutrino, produce uno con una energía característica.

El resultado de ello es que, de los muchos miles de millones de neutrinos que continuamente pasan a través de cualquier objeto, cierto porcentaje tiene una determinada energía, otro porcentaje posee otra, etcétera. Existe un espectro total de distribución de energía en los neutrinos, y la exacta naturaleza del espectro refleja los detalles exactos de la ruta tomada desde el hidrógeno al helio. Cualquier cambio en esta ruta, producirá un cambio característico en el espectro.

Naturalmente, cuanta más energía contiene un neutrino más probable resulta que induzca un cambio nuclear, y el percloroetileno detecta sólo a los neutrinos más energéticos. Detecta sólo aquellos producidos por un paso en particular en la conversión del hidrógeno en helio, y este paso particular consiste en la conversión del boro-8 en berilio-8.

Los neutrinos formados por cualquier otra reacción que tenga lugar en la conversión total hidrógeno-helio, no contribuirá, de forma significativa, a la absorción en el depósito de percloroetileno. La deficiencia en neutrinos solares detectada por Davis es, por tanto, una deficiencia en la conversión boro-berilio, y nada más.

¿Cómo podemos estar seguros de que nuestra teoría es correcta en lo que se refiere a los detalles de lo que sucede en el núcleo del Sol? ¿Cómo podemos estar seguros que Davis observó tres veces todos los neutrinos que pudo conseguir?

A fin de cuentas, podemos comprobar cuánto boro-8 se encuentra, en la actualidad, presente en el Sol, y cuán rápida y

energéticamente se descompone el berilio-8. Nuestra teoría en lo relativo a esto, depende de los coeficientes que determinan la reacción bajo condiciones de laboratorio, y luego deben extrapolarse a las condiciones que existen en el núcleo del Sol. Al trabajar con esos coeficientes de reacción extrapolados, calcularemos un número de reacciones que, de una forma u otra, contribuyen a la formación del boro-8 y, por este medio, determinaremos su concentración en conjunto. Pero, ¿qué pasará si no extrapolamos de una forma apropiada?

A fin de cuentas, los índices de reacción nuclear pueden depender en gran manera de la temperatura y presión en el interior del Sol, ¿y cómo estaremos seguros de que no nos separaremos un poco en la temperatura, en la presión o en ambas cosas?

A fin de ser capaces de hablar de una forma exacta de los neutrinos detectados por Davis —ya fuesen demasiados, demasiado pocos o los exactos—, realmente necesitamos saber más acerca de las condiciones en el núcleo del Sol, y la única forma de hacerlo, de un modo más exacto que tras unos difíciles cálculos de largo alcance, a partir de las observaciones en condiciones de laboratorio, radica en estudiar el espectro completo del neutrino.

Si pudiésemos estudiar todo el espectro del neutrino, seríamos capaces de deducir los diversos pasos individuales en la conversión de hidrógeno en helio, y las concentraciones y velocidades de ruptura de todos los varios pasos intermedios nucleares.

Si este relativamente directo conocimiento del núcleo del Sol, no choca con el extremo indirecto conocimiento basado en la extrapolación de los experimentos de laboratorio, en ese caso deberemos aceptar lo primero, reexaminar lo último y desarrollar, tal vez, nuevos conceptos y nuevas reglas para las reacciones nucleares.

En resumen, en vez de aprender las cosas sobre el núcleo del Sol, partiendo de lo que nos rodea, corno hemos tratado de hacer hasta ahora, podemos terminar aprendiendo algunas cosas de lo que nos rodea a partir del núcleo del Sol.

Para conseguir todo el espectro, necesitamos unos mecanismos de detección además del percloroetileno. Precisamos una variedad de «telescopio de neutrinos».

Una posibilidad la constituye el hacer uso del galio-71 (31 protones, 40 neutrones), que forma el 40% del elemento galio, tal y como se presenta en la Naturaleza. La absorción de neutrinos lo convertirá en el germanio-71 radiactivo (32 protones, 39 neutrones).

Necesitaríamos unas 50 toneladas de galio-71 si deseáramos atrapar un solo neutrino solar al día. Esto es sólo la duodécima parte de la masa de los 400.000 litros de percloroetileno, pero el galio es más de doce veces más caro. En realidad, todo ese galio costaría, en la actualidad, 25 millones de dólares.

El galio es líquido a temperaturas muy por debajo del punto de ebullición del agua, por lo que el germanio-71 manará sin demasiados problemas. La ventaja del galio sobre el percloroetileno radica en que el galio detectará mejor que el percloroetileno los neutrinos de energía más baja.

En 1977, Ramaswamy S. Raghavan, de los «Bell Laboratories», sugirió algo tal vez aún más excitante. Sugirió que se usase el indio-115 (49 protones, 66 neutrones) para absorber un neutrino. El indio-115 constituye el 96% del metal natural, y, cuando absorbe un neutrino, se convierte en estaño-115, que es estable. El estaño-115 se produce en un estado de excitación (es decir, con elevada energía) y libera esa energía y regresa a la normalidad al emitir dos rayos gamma de una energía característica en unas cuantas millonésimas de segundo, después de ser formado. Además, existe el inevitable electrón, que sale lanzado del núcleo del indio-115.

La formación de un electrón y de dos rayos gamma, virtualmente, al mismo tiempo, es, en sí mismo, indicación suficiente de la captura del neutrino, y por ello no sería necesario aislar los átomos del estaño-115.

Y lo que es más, al medir la energía del electrón lanzado desde el núcleo del indio-115, se determinaría la energía del neutrino entrante. El detector de indio podría así darnos nuestra primera descripción del espectro de neutrino como un todo.

Y más aún. A fin de cuentas, ¿cómo sabemos, realmente, que los neutrinos detectados por Davis procedían del Sol? Supongamos que proceden de alguna otra fuente de la que no somos conscientes, y supongamos también que no estamos recibiendo nada de todo eso del Sol. En el caso del detector de indio, los electrones escapados se moverán más bien en línea con el neutrino entrante. Si la línea del movimiento del electrón, extendida hacia atrás, señala hacia el Sol, sin importar la hora del día que sea, llegaremos a la ajustada conclusión de que los neutrinos, efectivamente, proceden del Sol.

Elaborar un sistema que detecte los rayos gamma y los electrones, y mida la dirección y energía de los mismos, no es cosa fácil, pero, probablemente, puede hacerse. Se necesitarían unas cuatro toneladas de indio-115 para detectar un neutrino al día, y el coste total alcanzaría los 10 millones de dólares.

Costaría unos cuantos años instalar esos mecanismos de detección, pero tengo la sensación de que, a medida que los telescopios de neutrinos se ideen y se mejoren, la ciencia resultante de la «astronomía de los neutrinos» acabará por revolucionar nuestros conocimientos del Universo, de la forma como lo hicieron los telescopios luminosos, a partir de 1609, y los radiotelescopios desde el año 1950.

III. EL METAL MÁS NOBLE DE TODOS

Me encontraba ayer en un almuerzo con un grupo de hombres, en un agradable restaurante del centro de la ciudad, cuando, de forma por completo inesperada, una mujer se acercó a mí con gran excitación y regocijo. Tenía blancos los cabellos, era más o menos de mi edad, y resultaba muy atractiva.

Lo que se hacía más evidente era que me estaba saludando con el estilo de una antigua amiga y, como es usual, una sacudida de exquisito aturdimiento se extendió a través de mí. No sé por qué, pero, al parecer, todos mis viejos amigos no experimentan ningún problema para recordarme, mientras que yo he de tomarme una enorme cantidad de tiempo para acordarme de ellos. Supongo que se tratará de una deficiencia cerebral, fruto de tratar con demasiado empeño de no olvidarme nunca de los nombres de todos los elementos y de las distancias de todos los planetas.

Me relajé un poco cuando se evidenció, a través de su bulliciosa conversación, que era, en realidad, una amiga de mi hermana, y que su única conexión con nosotros databa de 1938. Realmente, con una laguna en el tiempo de esta clase, las dificultades en acordarse o no acordarse no pueden sobrepasar el constituir un pecado venial.

Luego la mujer prosiguió:

—Pero siempre he sabido, incluso entonces, doctor Asimov, que, algún día, llegaría a tener éxito y a ser famoso.

Naturalmente, la respuesta adecuada hubiera sido una sonrisa afectada y un tímido movimiento con la cabeza, pero otro de los males que me afligen es que necesito también condenadamente tiempo para hacerme con una respuesta adecuada.

En vez de ello, repuse:

—Si sabía eso, ¿por qué no me lo *dijo*?

No obstante, ahora que lo pienso con sangre fría, no hubiese deseado que me lo dijera. Las sorpresas que trae el tiempo producen una mayor excitación a la vida, y también a la Ciencia.

Lo cual, como es natural, me trae al tema que trataré en este ensayo. El oro es raro, es bello, es denso, nunca se oxida ni se estropea. La rareza y belleza no necesita de ningún comentario, pero podemos dar cifras de la densidad, con mayor dramatismo si los comparamos con las del plomo.

El plomo es unas tres mil veces más corriente que el oro en la corteza de la Tierra, y es tan feo con su coloración gris como el brillo amarillo del oro resulta bello. El plomo es lo suficiente común como para usarlo a diario, y lo bastante poco valioso como para emplearlo para cualquier cosa.

El plomo es bastante denso, no obstante, y dado que resulta el objeto ordinario más denso que la gente de la antigüedad podía llegar a conseguir, se convirtió en el prototipo de lo denso.

Uno anda con pies de plomo en casos difíciles, tiene plomo en vez de corazón o los párpados le pesan como el plomo cuando está muerto de sueño... A uno le parece tener una losa de plomo en el pecho cuando se es infeliz... Un tío pesado es un auténtico plomo...

Sin embargo, si la densidad del plomo es 1, la densidad del oro es 1,7. Si usted tiene un trozo de plomo y un trozo de oro de igual forma y tamaño, y el plomo pesa, por ejemplo, 3 kg, el oro tendrá un peso de 5 kg. Si tener el corazón de plomo equivale a estar triste y desgraciado, imagínense lo triste y desgraciado que usted sería de tener el corazón de oro, excepto que, en este caso, la metáfora no funciona.

En cuanto emplea usted el oro en sus metáforas, es la belleza y el valor lo que se expresa por sí mismo, y no la densidad. Además, si uno anda con pies de plomo cuando no está seguro de las cosas, si uno vale su peso en oro, no deja, naturalmente, de sentirse feliz.

La permanencia del oro descansa en su escasísima tendencia a combinarse con otros átomos. Además, no se oxida, ni tampoco se ve afectado por el agua o por otras sustancias. Incluso permanece inalterable ante la gran mayoría de los ácidos.

Esta resistencia contra la influencia de las demás sustancias, su elevada exclusividad, ha llevado a la gente a hablar del oro como de un «metal noble», dado que su nobleza desprecia asociarse con sustancias de menor calidad. La metáfora social fue llevada hacia los metales como el plomo y el hierro, que no son tan incorruptibles, y fueron por ello denominados metales «básicos», puesto que lo «corriente» representa la posición más baja en la escala social.

Así, pues, ¿cuáles son las posibilidades ahora de que existan metales que sean más nobles que el oro, más raros, más densos, menos aptos para el cambio? Para un antiguo, esa noción no hubiera podido ser más que risible, dado que el oro había sido usado, durante tanto tiempo y metafóricamente, para la perfección (incluso en las calles de los cielos no podría encontrarse mejores adoquines que los de oro). Pedir algo más noble que el oro equivaldría a solicitar una cosa que mejorase la misma perfección.

Y, sin embargo, semejante metal mejor que el oro existe, es en la actualidad muy bien conocido, y fue, de hecho, a veces encontrado y empleado hasta en los tiempos antiguos. Se ha hallado en un artefacto metálico, en Egipto, que data del siglo VII a.C. Y algunos de los instrumentos metálicos de los incas, en la Sudamérica precolombina, estaban hechos de una aleación de oro y de este otro metal.

La primera referencia específica en los escritos científicos europeos, se produjo en 1557. Un estudioso italiano, Julius Caesar Scaliger (Escalígero) (1484-1558), mencionó un metal encontrado en América

Central, que no podía ser fundido con ninguna clase de calor que se le aplicase.

Aquí existe, inmediatamente, una indicación que sobrepasa al oro en un aspecto. De los metales conocidos para los antiguos, el mercurio se fundía a temperaturas muy bajas, y el estaño y el plomo lo hacían con un calor moderadamente elevado. De los otros cuatro, la plata se derrite a los 961°C, el oro a los 1.063°C, el cobre a los 1.083°C y el hierro a los 1.535°C.

Uno podía haber sospechado que si el oro fuese, verdaderamente noble, resistiría al fuego lo mismo que al aire y al agua, y que no se fundiría. El hecho de que el cobre, que es más ordinario que el oro, funda a una temperatura levemente más elevada, y el hierro, que es considerablemente más despreciable que el oro, funda a una temperatura notablemente más alta, resulta más bien desconcertante. (Por cuanto sé, debió considerarse como una dispensa de los cielos el permitir que el hierro fuese más duro y lo suficientemente tosco para ser empleado para las armas de guerra, algo demasiado utilitario para la nobleza del oro).

Resulta claro que el nuevo metal debe fundirse a una temperatura más elevada que la del hierro.

El primer científico que estudió el metal y lo describió con detalle, fue un metalúrgico inglés, Charles Wood, y un matemático español, Antonio de Ulloa (1716-95). Ambos, en los años 1740, estudiaron unos especímenes que llegaron procedentes de Sudamérica. El nuevo metal se obtenía en forma de pepitas en las arenas del río Pinto, en Colombia. Dado que el metal era blanco, los españoles de aquel lugar lo denominaron «plata Pinto». En el idioma de la época, *platina del Pinto.*

La platina del Pinto no era, realmente, plata, como es natural. Era mucho más denso que la plata, y se fundía a una temperatura mucho más elevada. Ni siquiera tiene la misma apariencia que la plata. Posee un característico toque amarillento respecto de la plata, que le confiere una apariencia más luminosa y cálida, y que los otros metales blancos no poseen. El aluminio y el cromo pueden ser blancos y brillantes, pero no tienen una apariencia plateada, y tampoco son *platina del Pinto.*

En español, esta semejanza entre las voces *plata y platino* se ha seguido conservando, y en otros idiomas tomó la terminación *um,* como en inglés *platinum,* o bien *platine,* en francés, aparte de que adoptaron la voz de la palabra española, puesto que, en inglés, plata se llama *silver,* en francés *argent,* etc., y ya no se percibe la confusión inicial entre *plata* y *platino.*

Los químicos se interesaron muchísimo por el platino tras su descubrimiento, pero no había muchas cosas de utilidad que hacer con él. Debía dejarse en su masa original, o ser disuelto, con dificultades, en una mezcla de ácido nítrico y clorhídrico[3]. De esta forma, se logra un compuesto de platino, a partir del cual cabe precipitar una forma «esponjosa» del metal de platino.

Poco después de 1800, el químico y físico inglés, William Hyde Wollaston (1766-1828), elaboró un método para obtener platino esponjoso mediante calor y presión, a fin de convertirlo en una forma maleable que pudiese ser martillada para pequeños crisoles u otros útiles de laboratorio. Tales objetos de platino comenzaron a tener mucha demanda y, puesto que Wollaston conservó en secreto el procedimiento, y no hubo tampoco ningún descubridor independiente durante casi treinta años, el citado químico se hizo rico. En 1828, poco antes de morir, reveló su método, pero, más o menos por aquella época, se había descubierto en Rusia un método mejor.

Aunque el platino se obtuvo al principio en América Central y del Sur, las primeras minas auténticas se desarrollaron en los Urales rusos. Entre 1828 y 1845, Rusia empleó monedas de platino. (Incluso corre la historia de que, antes de aquella época, algunos falsificadores rusos, que habían dado con cierta cantidad de platino, realizaron falsificaciones de monedas con platino en vez de con plata. Así, pues, se trata del único caso en que unas monedas falsificadas eran mucho más valiosas que las auténticas.)

¿Por qué tiene tanta demanda el platino como material de laboratorio? Dado que reacciona aún menos que el oro, y que es, en realidad, más noble que el mismo oro, el equipo de laboratorio hecho de platino puede darse como cierto que permanecerá inalterable ante el aire, el agua o lo productos químicos con los que entre en contacto.

---

[3] La mezcla se llama agua regia, procedente de la expresión latina *aqua regia*, porque disuelve el oro, el metal noble, aunque ningún ácido puede hacerla por sí solo, y también disuelve el platino, aunque lo efectúa con mayor lentitud.

Y lo que es más, el platino posee un punto de fusión de 1.773°C, es metal noble, aunque ningún ácido puede hacerla por sí solo, y también disuelve el platino, aunque lo efectúa con mayor lentitud.

Asimismo, el platino es más denso que el oro. Según la base de que la densidad del plomo es igual a 1, la del otro será de 1,7, pero el platino alcanzará los 1,9.

Finalmente, es tan raro como el oro en la corteza de la Tierra. En ese caso, si el platino es menos reactivo, con un punto de fusión más elevado e igual de raro que el oro, ¿no es mejor que el oro de todas formas?

No, no lo es. He dejado aparte una de las características que hacen del oro lo que es: su belleza. Ni el platino, ni ningún otro metal nunca descubierto, poseen ese cálido amarillo del oro, y ninguno alcanza ni de cerca su belleza.[4]

El platino puede tener toda la nobleza, densidad y elevado punto de fusión, y toda la rareza que quieran darle, y puede incluso ser más caro que el oro, pero jamás tendrá la belleza del oro, ni será nunca tan codiciado y deseado como ocurre con el oro. El platino constituye el único metal que es más noble que el oro. Es uno de tres metales muy relacionados entre sí.

En 1803, un químico inglés llamado Smithson Tennant (1761-1815), se percató de que, cuando disolvía platino con agua regia, quedaba un polvo blanco por encima que poseía un lustre metálico. Le pareció que el platino con el que había estado trabajando no era puro, y que contenía mezclas de otros metales.

No obstante, el platino era el más difícil de todos los metales conocidos para ser forzado a una reacción química. Si aquí había un metal, o metales, que se disolvían en agua regia más lentamente de como lo hacía el platino, esos metales eran hasta aquel momento desconocidos.

Tennant estudió cuidadosamente los residuos, tratándolos en solución, y fue capaz de dividirlos en dos fracciones con

---

[4] Existen las aleaciones cobre-cinc («latón»), que son de color amarillo, pero toman una oxidación verdusca a la menor oportunidad, y que más bien llega a estropear las cosas.

diferentes propiedades. Una de ellas formaba compuestos químicos con una serie de colores distintos, y desde entonces le llamó «iridio», de una voz griega que significa arco iris. El otro, formaba un óxido de un olor muy extraño (y muy venenoso también, aunque Tennant no formó el suficiente como para morir a causa de él), y al que llamó «osmio», de una palabra griega que significa olor.

Químicamente, el iridio y el osmio son tan parecidos al platino, que los procesos geológicos los colocaron juntos. Donde el platino se ha concentrado, también lo ha hecho el iridio y el osmio, por lo que siempre se recupera una triple aleación. No obstante, el iridio y el osmio son sólo una quinta parte de lo corriente que el platino (o el oro) en la corteza terrestre, y, por lo tanto, la mezcla es siempre, principalmente, de platino.

De hecho, el iridio y el osmio se encuentran entre los metales más raros de la corteza terrestre.

Por separado, son muy parecidos al platino, pero con mayores propiedades. Tanto el iridio como el osmio son incluso más nobles que el platino, incluso más reluctantes a combinarse con otros compuestos. De hecho, el iridio es el metal más noble de todos.

Ambos son más densos que el platino, puesto que, tomando como base al plomo igual a 1, el iridio es 1,98 y el osmio 1,99. En realidad, el osmio es el metal más denso conocido.

Ambos tienen un punto de fusión más elevado que el platino. El iridio se funde a 2.454°C, y el osmio lo hace a 2.700°C. Aquí, no obstante, no baten la marca. Los metales tantalio y tungsteno funden a temperaturas entre 3.000°C y 3.400°C, siendo este último el metal con mayor punto de fusión de todos.[5]

Y lo que es bastante raro, la corteza terrestre parece ser deficiente en los tres «metales de platino» (un término que incluye al osmio y al iridio). Por cada cinco átomos de oro en la

---

[5] El carbono, un no metal, funde a una temperatura algo mayor que la del tungsteno, y un compuesto de tantalio y carbono, el carburo de tantalio, incluso lo hace a una temperatura mayor que ningún otro, puesto que funde a los 3.800°C.

corteza terrestre, existen 5 átomos de platino, 1 átomo de osmio y 1 átomo de iridio.

En el Universo, como un todo, sin embargo, se estima que, por cada 5 átomos de oro, existen 80 átomos de platino, 50 átomos de osmio y 40 átomos de iridio. ¿Por qué esa discrepancia?

Existen otros átomos en los que la Tierra es deficiente cuando se la compara con el Universo como un todo: hidrógeno, helio, neón, nitrógeno, etcétera. Todo esto no constituye ningún rompecabezas. Son elementos en sí mismos volátiles, o que forman compuestos volátiles, para los que la gravedad de la Tierra carece de la intensidad suficiente para retenerlos.

El platino, el iridio y el osmio son, sin embargo, volátiles, ya sea en su forma elemental o compuesta. ¿Entonces, por qué se han perdido?

En realidad, la *corteza* terrestre no es la Tierra. La corteza puede perder elementos no sólo hacia el espacio exterior, sino también hacia el propio interior de la Tierra.

Así, por cada 10.000 átomos de silicio en el Universo, existen 6.000 átomos de hierro. Por cada 10.000 átomos de silicio en la corteza terrestre, existen sólo 900 átomos de hierro. El 85% del hierro se ha perdido a causa de haber caído hacia las profundidades de la Tierra, donde forma un núcleo metálico líquido, el cual está formado, principalmente, por hierro. El núcleo contiene también una parte desproporcionada de aquellos metales que tienden a disolverse en el hierro en una mayor extensión, que a mezclarse con la roca de la corteza. Los metales de platino, aparentemente, están más dispuestos a disolver en hierro que el oro, y eso ha dejado una deficiencia en la formación de la corteza.

Tratemos ahora de algo más que, a primera vista, no parece tener conexión con todo el asunto relacionado con los metales de platino. No obstante, como veremos, la Ciencia tiene sus sorpresas.

Existe cierto valor en saber la proporción a la que tiene lugar la sedimentación en los brazos poco profundos del mar, y en cómo se formaron las rocas sedimentarias más rápidas. Eso nos ayudará a la datación de los fósiles, a medir el índice de la

evolución, a comparar la historia de la evolución en las diferentes partes del mundo, etcétera.

Sabemos cuál es el índice de sedimentación en unos y otros lugares de la Tierra, ya que podemos medirlos directamente. El asunto radica en si ese índice ha sido siempre el mismo, o ha sido marcadamente más rápido, o más lento, en esta o aquella época de la historia geológica.

Walter Alvarez, de la Universidad de California, junto con varios colaboradores, poseen una técnica que creen que podría usarse para establecer los índices de la sedimentación arcaica. En realidad, la técnica no lo consiguió, pero mientras se trabajaba con ella en la datación de las rocas del Cretácico de Gubbio, en Italia (a 110 km al sudeste de Florencia), la buena suerte alzó su excitante cabeza. En otras palabras, encontraron algo con lo que no habían contado y que podría ser más valioso que cualquier otra cosa que esperasen hallar.

Estaban empleando una técnica de activación neutrónica. Se trata de un mecanismo en el que unos neutrones son disparados contra un delgado fragmento de roca; unos neutrones de cierta energía, que unos determinados átomos pueden recoger con mayor rapidez, mientras que otros no lo consiguen. El átomo que recoge el neutrón se convertirá en un conocido átomo radiactivo que se descompondrá según un índice conocido, según sus particulares tipos de radiación. Al medir la descomposición radiactiva, nos la dará el particular átomo que absorbe al neutrón.

Dado que las radiaciones radiactivas se miden con gran precisión, las técnicas de activación del neutrón pueden, de una forma rápida y fácil, determinar las cantidades exactas de pequeñas trazas de ciertas variedades de átomos.

Alvarez probó lo delicado de esta técnica, al llevar a cabo el experimento como una forma de medición de la concentración de un particularmente raro componente de las rocas: el iridio. La cantidad de iridio en aquellas rocas era, *grosso modo*, de un átomo por cada 100 mil millones. El hacer la prueba del átomo de iridio era algo parecido a buscar a un ser humano en

concreto en 25 planetas, cada uno tan lleno de seres humanos como nuestra mismo Tierra.

Se trataba de una tarea difícil, pero las técnicas de activación del neutrón pueden llevar las a cabo de una forma sencilla.

Y aunque Alvarez y sus colaboradores habían decidido que la técnica no resolvería el problema particular al que hacían frente, llegaron a una pequeña región en la roca en la cual el iridio se encontraba presente 25 veces más que en cualquier otro lugar. Eso aún no era mucho, como pueden comprender, puesto que sólo era un átomo entre 4 mil millones, pero, colocado en un gráfico, constituiría una extraordinariamente elevada cresta de onda en un lugar específico en la roca.

¿Y cómo podía suceder esto?

Era posible que, por alguna razón, en un período de tiempo relativamente breve, los mares rebosaran de iridio (relativamente hablando), y lo sedimentaran más que de ordinario; o bien, que los mares tuviesen la cantidad normal de iridio pero, por alguna razón, se sedimentara 25 veces más de prisa que de ordinario, mientras que otros átomos (o, por lo menos, los más comunes), se encontrasen aún sedimentándose a los promedios normales.

Una sedimentación selectivamente rápida estaba más allá de los límites de la posibilidad, por lo que parecía más probable el suponer la presencia de unas anormalmente altas concentraciones de iridio en el mar. Y si era así, ¿de dónde provendría?

¿No podría ocurrir que hubiese alguna supernova cercana, que hiciese aumentar enormemente la incidencia de rayos cósmicos que cayesen sobre la Tierra, y no resultaba posible que los mismos hubiesen inducido reacciones nucleares que, por alguna razón, aumentasen el contenido de iridio de las capas más superficiales de la Tierra, precisamente en aquella particular época de nuestra historia geológica?

Y si era así, habría otras indicaciones. Los isótopos de iridio no existirían en sus normales índices, dado que los cambios más parecidos producirían un isótopo de iridio en concreto, más bien que cualquier otro. (Existen dos isótopos estables de iridio.) Además, existirían otros elementos que aumentarían en

cantidad, tales como el isótopo radiactivo del plutonio-244, y sus productos de descomposición. Alvarez realizó unas rápidas pruebas en esa dirección, y sus resultados preliminares parecieron negativos.

Esto debilitó la posibilidad de una supernova como explicación.

¿Así, pues, resultaría posible que la materia del Universo exterior hubiese sido traída a la Tierra de una forma física? Dicha materia podría considerarse más rica en iridio de lo que la corteza de la Tierra lo era, y esto llevaría a un salto temporal de 25 aumentos.

La fuente obvia de semejante materia podría ser un meteorito: un enorme meteorito de níquel-hierro, muy parecido a la composición química del núcleo central de la Tierra y, por ello, más rico en iridio que el de la corteza terrestre. Tal vez se estrelló contra la región de Gubbio y dejó su marca con aquel incremento en la cantidad de iridio.

No obstante, resulta duro creer que una colisión catastrófica no hubiera dejado ningún tipo de señales físicas en la forma de la roca aplastada, distorsionando los estratos, con fragmentos de hierro meteórico, etcétera. Tal vez la hipótesis del meteorito hubiera tenido defectos en la cantidad de hierro, pero yo más bien creo que constituye una explicación con pocas probabilidades de acierto.

¿Y qué más? Si no se trataba de un meteorito, ¿qué otra forma de materia podría alcanzar la Tierra?

¿Y qué decir de materia solar? Cabe suponer que, en algún estadio de la historia del pasado, el Sol tuviese una especie de hipo por alguna razón, y ello diese lugar a una explosión muy potente. Hasta fecha muy reciente, esto hubiera parecido de lo más improbable, pero, durante los pasados años, nuestros estudios del Sol han hecho zozobrar nuestra fe en un horno seguro y fiable. Los mínimos de Maunder (véase capítulo I) y los neutrinos perdidos (véase capítulo II) nos han preocupado un poco. Nos mostramos ahora mucho más dispuestos a creer en un hipo solar que hace una década.

Una ligera explosión no hubiera significado nada en absoluto a la escala solar; una insignificante fracción de la masa solar hubiera podido soltarse y derivar por el espacio. Parte de ella, finalmente, llegaría a la Tierra y se fijaría, a través de la atmósfera y del océano, en la roca sedimentaria, donde se mezclaría con el material nativo. Dado que la materia solar podría haber sido más rica en iridio que el material de la corteza terrestre, cabría tomar esto en cuenta para la riqueza en iridio de la región.

Una vez se hubo producido la explosión, el Sol volvería a su conducta acostumbrada, sin una forma mensurable diferente de la que tenía con anterioridad. El material solar sobre la Tierra seguiría asimismo igual que antes. Lo que es más, el breve período de sedimentación del material solar tampoco representaría un terrorífico y aplastante impacto como ocurriría con un meteorito. Más bien se trataría de una suave deriva hacia abajo, y si no se hubiese tratado de esa cresta de eco en el iridio, nunca lo habríamos sabido.

Y, sin embargo... Esa leve explosión en el Sol debe haber multiplicado la cantidad de calor liberada hacia la Tierra. La suave deriva de la materia debió haberse visto acompañada de una más brusca elevación de la temperatura, que pudo ser sólo momentánea en la escala del tiempo geológico, pero que hubiera podido durar días (o semanas o años) a la escala de la vida humana sobre la Tierra.

Semejante explosión pudo haber efectuado estragos en la vida sobre la Tierra..., en el caso de haber sucedido.

¿Así, pues, podemos discutir que, dado que semejantes estragos parecen no haber sucedido, la aludida explosión no ha tenido lugar?

Veamos primero cuándo ocurrió esa cresta de eco del iridio. Según los procesos de datación de Alvarez, ocurrió hace 65 millones de años, al final del Cretácico y fue exactamente a fines del Cretácico cuando ocurrió la Gran Matanza (véase «La matanza de los saurios», en *The Solar System and Rack, Doubleday*, 1970), un ensayo en el que discutí acerca de una supernova como posible causa.

Hace 65 millones de años, en un período de tiempo relativamente breve, murieron todos los reptiles gigantes, todos los ammonites, etcétera. Se estima que, aproximadamente, el 75% de todas las especies vivientes sobre la Tierra en aquella época, fueron borradas del mapa por alguna razón desconocida.

Aunque tampoco podemos dar por supuesto que el restante 25% quedaran incólumes. Podría haber sucedido, digamos, que el 95% de todos los animales resultasen muertos, y que los más grandes, que se reproducían en una lenta proporción, quedasen reducidos a un número desacostumbradamente pequeño, no pudiesen recuperarse y muriesen. Los animales más pequeños, los cuales sobrevivieron en mayores números absolutos, y que eran más fecundos, consiguieron continuar, aunque muy pocos.

Lo que, en resumen, quiere decir esto:

Sobre la base de los registros fósiles, la Tierra, hace unos 65 millones de años pudo hallarse al borde de verse esterilizada, desapareciendo casi toda la vida que había en ella. Hace 65 millones de años, la Tierra pudo haber sufrido un accidente solar que hubiera sido capaz de casi esterilizarla, sobre la base de la cresta de eco del iridio.

¿Puede esta convergencia de dos series por completo diferentes de pruebas constituir una coincidencia?

Naturalmente, es muy duro adherirse demasiado a esta tarea preliminar del equipo de Alvarez, y no puede proclamarse que sus especulaciones sobre una posible catástrofe astronómica no son más que especulaciones. A mí mismo me gustaría ver un análisis a fondo de las rocas de hace 65 millones de años en numerosos lugares de la Tierra, puesto que me parece que una explosión solar hubiese afectado a toda la superficie terrestre. Debería haber llevado aparejado elevados valores para otros elementos, además también del iridio.

Tal vez la sugerencia se convertirá en una alarma del todo falsa tras un examen más riguroso. Si esto es así, quiero confesar que me sentiré aliviado, puesto que se trataría de un acontecimiento horroroso y, sobre todo, porque si sucedió una vez, podría suceder de nuevo, y tal vez sin la menor advertencia.

NOTA

El artículo anterior fue escrito en agosto de 1979. A partir de entonces, las cosas progresaron con rapidez. La hipótesis de la supernova perdió favor y puede ser descartada (excepto la aparición posterior de otras pruebas).

En vez de ello, la hipótesis del meteorito ha ido ganando adeptos. El eco de cresta del iridio aparece en varios lugares de la Tierra y parece ser un rasgo global. Además, el meteoro no puede ser sólo un meteorito, sino más bien un enorme asteroide —por lo menos de 10 km de longitud—, que levantó tanto polvo y cenizas hacia la estratosfera, hasta el punto de bloquear de forma perceptible que la luz solar llegase a la Tierra durante *tres años*.

Semejante larga noche glacial, si es que tuvo lugar, podía haber matado toda la vida de las plantas, excepto las formas que hubieran podido sobrevivir al final de dicho período: semillas, esporas, raíces, etcétera. Toda la vida de los animales mayores que los mamíferos de tamaño medio habrían muerto: hasta el último dinosaurio habría perecido una vez pasados esos tres años. Y los que no perecieron serían los más pequeños, los cuales sobrevivirían en los restos de las plantas o sobre los cadáveres congelados. En cualquier caso, en mi próxima colección pienso dedicar a este tema un ensayo extenso.

¡Aguarden a que lo escriba!

LAS ESTRELLAS

IV. ¿CUÁN PEQUEÑO?

Mi hija de preciosos ojos azules y cabello rubio, está planeando empezar muy pronto los cursos de licenciatura de trabajos de psiquiatría social, y yo me encontraba al teléfono discutiendo con ella la situación financiera.

Dado que es la niña de mis ojos, y puesto que soy cómodamente solvente, no surgió ningún problema que pudiese implicar economías y recortes y, por lo tanto, ambos nos sentimos a las mil maravillas.

Y luego un pequeño y mal pensamiento nos turbó. Robyn me parecía que estaba tan orgullosa de mí en plan de hija, como yo lo estoy de ella desde el punto de vista paterno, pero nunca he tenido que someter ese orgullo a ningún serio esfuerzo al acortarle sus asignaciones.

No habíamos hablado mucho antes de que empezase a sentirme incómodo y, finalmente, sentí que *debía* saberlo.

—Robyn —le dije inseguro—, ¿me querrías aunque fuese pobre? No vaciló un momento:

—Claro, papá —replicó, de una forma realista—. Aunque fueses pobre, seguirías estando chalado, ¿verdad?

Resulta agradable saber que soy amado por una característica que nunca perderé.

Estoy chalado, a fin de cuentas, y siempre lo he estado, no sólo en el sentido de que tengo un sentido del humor impredecible e irreverente, que es a lo que Robyn se refiere (opino). Estoy también chalado por haber tramado un serio, y hasta ahora inútil, intento por mantenerme al paso con el conocimiento humano, y me siento apenado cuando descubro que no lo he conseguido, lo cual me sucede cada día.

Por ejemplo...

Hace años, cuando comencé a leer acerca de la enana blanca compañera de Sirio (que, de forma apropiada, se denomina Sirio B), descubrí que se había determinado que su diámetro era exactamente igual que el del planeta Urano, es decir, 46.500 km, aunque su masa sea del todo igual a la del Sol. Metí este asunto en el capaz paquete de sorpresas al que llamo memoria, y donde encuentro los datos al instante cuando los necesito.

Durante años, no, durante décadas, me he estado repitiendo que Sirio B tenía el diámetro de Urano. Incluso lo hice así en mi libro sobre agujeros negros, *The collapsing Universe* «Walker», 1977) y en mi ensayo «La compañera negra», incluido en *Quasar, Quasar, burning bright*, «Doubleday», 1978).

El problema radica en que las cifras que he estado dando para el diámetro de Sirio B están equivocadas, y hace ya bastante tiempo que se sabe que estaban mal. Como me dijo un lector (con un casi audible suspiro alzándose del papel), las cifras que ofrecía constituían un interesante dato histórico, pero nada más.

No había podido seguir al paso el avance de los conocimientos. Ahora tengo los datos de 1979 (que confío que permanecerán estables durante algún tiempo), y las registraré de inmediato. Consideraremos cuán pequeño es realmente Sirio B y cuán poco (por desgracia), sabía, realmente, al respecto.

El diámetro del Sol es de 1,392×1011 cm, y el diámetro de Sirio B es igual a 0,008 veces eso, o sea 1,11×109 cm. Si lo escribimos en unidades más familiares, en ese caso el diámetro de Sirio B es igual a 11.100 kilómetros.

Comparemos el diámetro de Sirio B con la Tierra y sus planetas vecinos más próximos. Entonces, tendremos:

PLANETA	DIÁMETROS (en km)	Relación/Tierra
TIERRA	12.756	1,00
VENUS	12.112	0,95
SIRIO B	11.100	0,87
MARTE	6.800	0,53

Si la pregunta que nos hacemos en lo referente a Sirio B es: ¿Cuán pequeño? La respuesta será: Muy pequeño.

Sirio B es más pequeño en tamaño que la Tierra y Venus, aunque es considerablemente mayor que Marte.

El área de la superficie de Sirio B es igual a 387.000.000 de km^2. Esto equivale al 0,76 del área de la superficie de la Tierra. El área de la superficie de Sirio B es, más o menos, igual a la de los océanos de la Tierra. En cuanto al volumen de Sirio B, equivale a 0,66, o sólo 2/3 del de la Tierra.

¿Cuán pequeño? El diámetro de Sirio B es sólo una cuarta parte del que yo he estado alegando durante todos estos años y, lógicamente, su volumen es sólo de un octavo.

A continuación, ¿qué hay que decir respecto de la densidad de Sirio B?

La densidad de cualquier objeto la constituye su masa dividida por su volumen, y la masa de Sirio B, por lo menos, no ha cambiado. Es exactamente lo que siempre he pensado que era: unas 1,05 veces la masa de nuestro Sol. Dado que la masa del Sol es 1,989×1033 gramos, que es 332.600 veces la masa de la Tierra de 5,98×1027 gramos, de ello se sigue que la masa de Sirio B es igual a 332.600×1,05, o exactamente 350.000 veces la masa de la Tierra.

Dado que la masa de Sirio B es 350.000 veces la masa de la Tierra, y puesto que el volumen de Sirio B es 0,66 veces de la Tierra, entonces la densidad de Sirio B es 350.000×0,66, o 530.000 veces la densidad de la Tierra.

La densidad promedio de la Tierra es igual a 5,52 gamos por centímetro cúbico. La densidad promedio de Sirio B es, por lo tanto, igual a 530.000×5,52 o 2.900.000 gramos por centímetro cúbico.

Esto significa que, si imaginamos una moneda de 5 pesetas (que estimo que tiene unos 2/3 de un centímetro cúbico en volumen), y que estuviese hecha con una materia igual a la de Sirio B, pesaría unas 2,1 toneladas.

Sirio B no tiene, naturalmente, la misma densidad en todas sus partes. Es menos denso cerca de su superficie y aumenta en

densidad en cuanto nos imaginamos que nos adentramos profundamente en su interior, hasta tener la mayor densidad en el núcleo. Se estima que la densidad de Sirio B en su centro es de 33.000.000 gramos por centímetro cúbico. Si imaginamos una moneda de cinco pesetas confeccionada con material procedente de la parte central de Sirio, pesaría unas 24,3 toneladas.

A continuación, veamos la gravedad de la superficie.

La atracción gravitacional de un cuerpo sobre otro es directamente proporcional al producto de las masas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre los centros de gravedad de ambos cuerpos.

Si consideramos la atracción de la Tierra sobre un objeto en su superficie, entonces $g = km'm/r^2$, donde g es la atracción de la gravedad de la Tierra sobre un objeto, k es la constante gravitacional, m' es la masa del objeto, m es la masa de la Tierra y r es la distancia entre el centro de la Tierra y el centro del objeto sobre su superficie, siendo igual esta distancia al radio de la Tierra.

Si consideramos a continuación la atracción de Sirio B sobre el mismo objeto en su superficie, en ese caso $G = km'M/R^2$, donde G es la atracción de la gravedad de Sirio B sobre el objeto, k es igualmente la constante gravitacional, m' es, del mismo modo, la masa del objeto, M la masa de Sirio B y R el radio de Sirio B.

Para determinar cuánto mayor es la gravedad de la superficie de Sirio B en relación con la de la Tierra, dividimos la ecuación para Sirio B con la de la Tierra, de este modo:

$$\frac{G}{g} = \frac{km'\frac{M}{R^2}}{km'\frac{m}{r^2}}$$

Una vez hecho esto, vemos que la constante gravitacional y la masa del objeto sobre la superficie se anulan.

Tenemos:

$$\frac{G}{g} = \frac{\frac{M}{R^2}}{\frac{m}{r^2}} = \frac{Mr^2}{mR^2}$$

Supongamos a continuación que tomamos la masa de la Tierra como igual a 1, y su radio también igual a 1. En ese caso, con *m* = 1 Y *r* = 1, tenemos:

$$\frac{G}{g} = \frac{M(1)^2}{1R^2} = \frac{M}{R^2}$$

El paso siguiente radica en obtener los valores para *M y R*, pero, a fin de mantener la ecuación, les daremos unidades de masa de la Tierra y unidades de radio de la Tierra. Es lo que hemos empleado para *m* y *r*. Dado que sabemos que la masa de Sirio B es 350.000 veces la de la Tierra, y su radio es 0,87 veces el de la Tierra, en ese caso tenemos:

$$\frac{G}{g} = \frac{350.000}{(0{,}87)^2} = 462.000$$

En resumen, si imaginamos que existe un objeto en la superficie de Sirio B, pesaría 462.000 veces más sobre Sirio B que sobre la Tierra.

Por ejemplo, yo peso 75,5 kg, pero si imaginamos que me encuentro sobre Sirio B, pesaría más de 35.000.000 de kilos (es decir, 35.000 toneladas).

La luminosidad de Sirio B, la cantidad total de luz que emite, constituye una observación directa, y no cambia como han mudado nuestros conocimientos acerca de las dimensiones de Sirio B.

La luminosidad de Sirio B es 0,03 veces la del Sol, por lo que si nos imaginamos a Sirio B en el lugar de nuestro Sol, recibiríamos sólo 1/33 de la luz y del calor que recibimos ahora.

Esto parece bastante razonable, si consideramos el hecho de que Sirio B es un objeto mucho más pequeño que el Sol.

Pero ya no es tan razonable, no obstante, dado que Sirio B es tan pequeño, que sólo sobre la base del tamaño no daría tanta luz y calor como lo hace.

Si dos objetos se encuentran a la misma distancia de nosotros, y están a igual temperatura, en dicho caso la cantidad de calor que recibiríamos de cada uno sería proporcional al área de la superficie aparente de cada cual.

Por ejemplo, si el Sol tuviese dos veces su diámetro actual y nos encontrásemos a la misma distancia y temperatura, entonces presentaría 2×2, o cuatro veces el área de la superficie en el firmamento, y nos proporcionaría cuatro veces el calor y luz que ahora.

Si el Sol tuviera tres veces más diámetro que el que posee en la actualidad, y se hallase a la misma distancia y temperatura, tendríamos 3×3, o nueve veces, el área de la superficie aparente y nos entregaría nueve veces más calor y luz.

Esto funciona igual de bien asimismo en la otra dirección. Si el Sol tuviese la mitad de su actual diámetro, en dicho caso, a la misma distancia y temperatura, tendríamos 1/2×1/4, o 1/4 del área de la superficie aparente y nos daría la 1/4 parte de la luz y del calor.

Así, pues, si el Sol tuviese un diámetro 0,173 veces del actual, nos presentaría un área superficial y una luminosidad de 0,03 de la que tiene ahora. Un diámetro de 0,173 veces del actual sería, pues, una cantidad de 0,173×1.392.000, o 240.800 km.[6]

Este pequeño sol, con 0,03 veces el área de la superficie del Sol verdadero, sería mucho más grande que Sirio B. Sirio B tiene un diámetro de sólo 0,008 veces el del Sol y un área superficial sólo 0,000064 veces la del Sol. Con esa pequeña área superficial, aún entrega 0,03 veces la luz y el calor del Sol.

A fin de cuantificar esa discrepancia, debemos suponer que, cada centímetro cuadrado de la superficie de Sirio B, irradia

---

[6] En realidad, un sol de este tamaño, posiblemente, no tendría la misma temperatura que el Sol si fuese una estrella de secuencia principal (es decir, una estrella normal, como lo son, por lo menos, el 99% de las estrellas que observamos). Sin embargo, estamos sólo haciendo suposiciones.

0,03/0,000064, o cerca de 470 veces tanta luz como cada centímetro cuadrado de la superficie del Sol.

La única forma para explicarlo, radicaría en que Sirio B tuviese una mayor temperatura superficial que la del Sol. Esto es posible, a pesar del pequeño tamaño de Sirio B, porque no es una estrella de secuencia principal. Es una estrella enana blanca y las reglas son diferentes para las enanas blancas.

Puesto que la temperatura superficial del Sol es de 5.600°K, la temperatura de la superficie de Sirio B es de unos 27.000°K, es decir, cinco veces más.

Si estuviésemos lo suficientemente cerca de Sirio B para que su globo nos pareciese tan grande como el de nuestro Sol ahora, Sirio B sería un objeto de color azul-blanco intenso, que nos asaría hasta matamos con su calor y nos freiría hasta la muerte con su luz ultravioleta.

Sirio B puede ser pequeño, pero no cabe hacer bromas con él... Naturalmente, para que Sirio B pareciese tan grande como el Sol, deberíamos estar muy cerca. Nos encontraríamos sólo a 1.180.000 km de distancia del mismo, y esto es únicamente tres veces la distancia de la Tierra a la Luna.

Imaginemos, en vez de ello, que Sirio B existiese en lugar del Sol, y que se encontrase, precisamente, a la actual distancia del Sol.

Sólo recibiríamos 0,03 veces la luz y el calor que recibimos ahora, por lo que la Tierra sería un sólido congelado; pero imaginémonos que, a través de las permutaciones que queda sugerir, representamos a unos observadores en la Tierra, los cuales sean inmunes a ese cambio en su medio ambiente.

Dado que Sirio B tiene una masa 1,05 veces la de nuestro Sol, su atracción gravitacional sobre la Tierra sería mucho más fuerte y la Tierra giraría más rápidamente. El año tendría sólo 365,5 días.

Sirio B, en la posición de nuestro Sol, poseería un diámetro aparente de sólo 15 segundos de arco, es decir, aparecería con el tamaño del planeta Saturno cuando se encuentra más alejado de nosotros. Además, Sirio B sería visible como una estrella en vez de como un globo solar.

Sin embargo, constituiría una estrella enormemente brillante. Tendría una magnitud de –24,8, lo que la haría 14.000 veces más brillante de como vemos ahora la Luna llena.

Mientras que la luz de Sirio B, bajo las condiciones descritas, sería sustancialmente más oscura que la luz de nuestro Sol, la pequeña estrella plantearía un problema, por lo menos si la observáramos con la clase de ojos que tenemos ahora. Sería muy peligroso mirar a Sirio B. A pesar de su total radiación más oscura, Sirio B nos mandaría muchos más rayos ultravioleta que nuestro Sol, y sospecho que unos ojos como los nuestros quedarían cegados si, imprudentemente, le echáramos un buen vistazo.

Pero supongamos que la Tierra *no* orbitase a Sirio B, sino que diese vueltas en torno del Sol exactamente como ahora. Y supongamos que Sirio B fuese la compañera de nuestro Sol como, en la actualidad, es la compañera de Sirio, y si viésemos a Sirio no en el lugar de nuestro Sol, sino como compañero de nuestro Sol, girando en torno del Sol en el plano de la órbita planetaria, ¿cómo se le vería?

Sirio B y Sirio A giran en torno de un centro común de gravedad, con un período orbital (para cada uno) de 49,94 años. Sin embargo, esto tiene lugar bajo el embate gravitacional de las masas combinadas de las dos estrellas. Sirio A, la estrella de brillo normal que es la joya de nuestros cielos, tiene una masa igual a 2,5 veces la de nuestro Sol, por lo que la masa combinada de Sirio A y Sirio B es 3,55 veces la de nuestro Sol.

Si imaginamos que Sirio B gira en torno de nuestro Sol en vez de lo anterior, precisamente en la misma órbita en la que gira Sirio A, en ese caso el período de su órbita aumentaría al instante. La masa combinada del Sol y de Sirio B es sólo 2,05 veces la de nuestro Sol, por lo que la atracción gravitacional respecto de los cuerpos hacia sus órbitas sería, correspondientemente, menor que la combinación de Sirio A y Sirio B.

Sirio B y el Sol girarían en torno de un centro común de gravedad (localizado a mitad de camino entre ambos), con un período orbital de 65,72 años.

La distancia promedio de Sirio B respecto de Sirio A es de 3.000 millones de km, y si esto fuese verdad para la de Sirio B y la combinación del Sol, ello significaría que Sirio B se encontraría, en cierto modo, más distante del Sol que lo que lo está el planeta Neptuno.

Sin embargo, Sirio B y el Sol no mantendrían una distancia constante, puesto que Sirio A y Sirio B siguen unas órbitas que, según los datos actuales, son marcadamente elípticas y debemos suponer lo mismo para Sirio B y para el Sol.

La excentricidad orbital de la órbita de Sirio B respecto a Sirio A, y, por lo tanto, respecto del Sol en nuestra imaginación, es de 0,575. Esto quiere decir que la distancia entre sí mismo y el Sol variaría desde 1.280 millones de kilómetros, hasta 4.720 millones de kilómetros.

Así, pues, en términos de nuestro Sistema solar, Sirio B estaría a veces más cerca al Sol de lo que lo está Saturno, en el extremo opuesto de su órbita, hasta retroceder levemente más lejos que Plutón cuando se halla más distante.

Según estas condiciones, los planetas exteriores del Sol apenas se moverían en unas órbitas estables y podemos dar por supuesto que no existirían. El Sistema solar interior, incluyendo a la Tierra, no quedaría, sin embargo, seriamente afectado por Sirio B y giraríamos en torno del Sol igual que siempre.

En ese caso, ¿qué aspecto tendría Sirio B en el firmamento?

Si posee el aspecto de una estrella, con un disco no visible, incluso cuando se encuentra en el lugar de nuestro Sol, ciertamente tendría una apariencia como la de una simple estrella a la distancia de Saturno. Aunque también, como es natural, sería correspondientemente más apagado.

Cuando Sirio B, como compañera del Sol, estuviese más cerca del Sol, y si se diese el caso de hallamos localizados en esa porción de nuestra órbita que se encuentra entre el Sol y Sirio B, nos hallaríamos a 1.130 millones de kilómetros de Sirio B. Entonces, tendría una magnitud de –19,4 y sólo tendría el 1/1.000 del brillo del Sol. De todos modos, 1/1.000 es aún

una fracción respetable, puesto que Sirio B sería 465 veces más brillante que ahora la Luna llena.

Incluso en ese caso, Sirio B constituiría algo, en mi opinión, poco confortante de mirar. Con su elevada temperatura, nos llegaría tanta luz ultravioleta desde Sirio B a la distancia de Saturno, como desde el Sol que se encuentra a una distancia mucho más cercana.

Me extraña que nuestra Luna pueda presentar una apariencia tan interesante en un sistema así, posiblemente un aspecto con tres tonalidades. Si la Tierra, la Luna, el Sol y Sirio B se encontrasen apropiadamente orientados, podríamos, por ejemplo, ver un más bien pequeño cuarto creciente hacia el Oeste, otro cuarto creciente mucho más apagado en el Este y la oscuridad en la zona intermedia. Mientras girase en torno de la Tierra, la Luna experimentaría un cambio de doble fase de maravillosa complejidad.

Al dar la vuelta la Tierra alrededor del Sol, Sirio B parecería moverse en el firmamento próximo al Sol, permaneciendo en el cielo nocturno durante diferentes períodos de tiempo, como cualquiera de los planetas lo hace en la actualidad. En ocasiones, Sirio B saldría y se pondría y sería visible en el firmamento durante toda la noche. En ese caso, la noche no sería del todo oscura. Tendría un aspecto de levemente iluminada, entre dos luces.

La pauta del día, noche y «compañera de luz» variaría a través del transcurso del año.

Cuando Sirio B brillase en el cielo durante parte de las horas de luz del día, brillaría como un punto visible de luz, y todo tendría una muy débil sombra, además de su sombra normal, encontrándose los dos en ángulos cambiantes, respectivamente, en el transcurso del año.

Esto ocurriría cuando Sirio B se encontrase más cerca del Sol. No obstante, de un año a otro, se haría más débil cuanto más y más se alejase del Sol. Lo mismo ocurriría con la luz compañera y con la segunda sombra. Finalmente, Sirio B alcanzaría su punto más lejano, casi treinta y tres años después de que se hubiese encontrado en su punto más próximo.

En ese punto más lejano, Sirio B tendría una magnitud de únicamente –16 y sería sólo veintitrés veces más brillante de como lo es ahora la Luna llena. A partir de ese momento, comenzaría a brillar de nuevo.

Cerca del alzamiento y de la puesta del Sol y de las fases de la Luna, este lento iluminarse y apagarse de Sirio B constituiría el ciclo más notable en el cielo, y me parece que el período del mencionado ciclo adquiriría una enorme importancia.

El lento ciclo de Sirio B, a fin de cuentas casi se adaptaría a la existencia normal de un ser humano, y no cabe duda de que la gente primitiva se imaginaría a Sirio B como adecuándose al latido de la vida humana. Es posible pensar lo que los extravagantes astrólogos hubieran hecho con *esto*, y demos gracias al cielo de habérnoslo ahorrado.

Sirio B, naturalmente, no siempre fue una enana blanca. Hubo un tiempo en que era una estrella de secuencia principal, lo mismo que el Sol. Podemos suponer que no era entonces de una masa mucho mayor de la que tiene ahora, y que carecía de la suficiente masa como para llevar a cabo una explosión de supernova, una vez que el combustible de hidrógeno se hubiese consumido. Simplemente se expansionaría como una estrella gigante roja y luego llegaría a su colapso de una forma no catastrófica.

Como estrella ordinaria (siguiendo la misma órbita que imaginamos para Sirio B como compañera de nuestro Sol), Sirio B hubiera sido tal vez treinta y cinco veces más brillante en cada estadio de lo que sucedería como enana blanca. En su máxima aproximación, tendría 1/30 del brillo de nuestro Sol y sería unas 16.000 veces más brillante que la Luna llena. Incluso en su máximo alejamiento, sería 800 veces más brillante que la Luna llena.

Tampoco Sirio B aparecería como un globo solar durante la mayor parte del tiempo, ni siquiera como una estrella normal. No obstante, en su momento más cercano tendría casi 6 minutos de arco de longitud y sería visto como un diminuto círculo de luz.

Y luego llegaría el momento en que se hubiese perdido la suficiente cantidad del combustible de hidrógeno para poder quemar helio en el centro de Sirio B. Esto significaría que empezaría a expansionarse en tamaño, y que su superficie se enfriaría y se enrojecería como resultado de todo el proceso.

Constituiría un cambio fascinante, mientras Sirio B, que sería con mucho el objeto más brillante de nuestro cielo, cerca del Sol, empezaría lentamente a crecer y a volverse rojo.

El proceso ocuparía varios miles de años y el cambio, me atrevo a decir, no sería visible en la existencia vital de una sola persona. No obstante, los registros científicos, en el transcurso de las generaciones, dejarían bien sentado que Sirio B iba aumentando y enrojeciendo. Finalmente, el crecimiento se haría más lento y se detendría, y el globo rojo alcanzaría su máximo de tamaño.

Debemos suponer que su diámetro tendría unos 200 millones de kilómetros.

En ese caso, cuando Sirio B estuviese más alejado del Sol, lo veríamos en el cielo como un círculo de luz roja con un diámetro de cerca de 1,4°. Tendría 2,56 veces la achura que nos muestra en la actualidad el Sol y 6,57 veces su área. Sin embargo, su superficie sería tan fría que liberaría considerablemente menos calor que el Sol.

En su momento más próximo, la gigante roja de Sirio B presentaría un diámetro 4 veces mayor que el que tendría en su lugar más alejado. Poseería entonces un poco más de 25 veces el área de la superficie del Sol.

Según todas estas circunstancias, habría una pauta de luz blanca cuando el Sol estuviese en el firmamento; una luz anaranjada cuando el Sol y Sirio B se hallasen juntos; luz roja cuando sólo Sirio B se encontrase en el cielo; y reinaría la oscuridad cuando ninguno de ellos apareciese en el firmamento. Cuando ambos estuviesen en el firmamento, habría sombras rojas y sombras blancas situadas en ángulos, convirtiéndose en negras cuando se superpusiesen cerca del objeto que se proyectase contra ellas.

La gigante roja continuaría en su ápice durante un largo período de tiempo —tal vez un millón de años—, y luego llegaría el momento en que se colapsaría de repente, tal vez en cosa de horas. Dejaría detrás de sí un anillo de gas, señalando sus límites exteriores (formando así una «nebulosa planetaria») y en el centro aparecería de repente una enana blanca. El anillo de gas se expansionaría y se volvería cada vez más delgado, engullendo a la Tierra y, gradualmente, se desvanecería. Sólo la enana blanca permanecería, y confiamos, quedarían unos registros fotográficos de la gigante roja, pues en caso contrario, las generaciones futuras no llegarían a creer en su existencia.[7]

Sirio B no se portaría de esta forma según los hechos actuales. Hubiera sido una estrella con mucha más masa en la secuencia principal. Luego, mientras se expansionase hasta gigante roja, la materia de la misma se esparciría sobre Sirio B. Esto salvaría a Sirio B de una violenta explosión, pero también incrementaría la masa y el brillo de Sirio A y acortaría su máxima existencia vital.

Es incluso posible que los seres humanos hayan sido testigos del cambio. He averiguado que cierto número de astrónomos antiguos describieron a Sirio como de color rojo y, en ese caso, difícilmente pudieron haberse equivocado al respecto. Es probable que los astrónomos actuales se equivoquen al ver a Sirio de un color azul-blanco.

¿Es posible que los antiguos no observasen a Sirio A como nosotros lo vemos, sino a Sirio B como una gigante roja mientras lanzaba materia sobre la relativamente apagada Sirio A?

Luego, en determinado momento de la alta Edad Media, cuando la astronomía se encontraba en un bajo nivel, y el repentino cambio pasó inadvertido, Sirio B se habría colapsado y convertido en una estrella demasiado apagada como para ser visible con un ojo sin ayuda, dejando detrás el súbitamente realzado brillo azul-blanco de Sirio A.

Volveremos sobre este asunto en el capítulo siguiente.

---

[7] No se preocupen, puesto que desdeño el hecho de que la formación de la gigante roja, probablemente, habría eliminado por completo la vida en la Tierra.

V. «*SIRIAMENTE*» HABLANDO

Supongo que no constituye un secreto que fui un niño prodigio. (No puede ser un secreto, afirma mi buen amigo Lester del Rey, porque he estado hablando de ello durante todo el tiempo.)

Naturalmente, conozco a numerosas personas que han sido niños prodigios, pero, por lo que sé, yo fui el único en disfrutar con ello. Adoraba ser más listo que el chico que tuviese al lado.

Y lo que es más, no me preocupaba en clase porque fuese siempre el maestro el importunado. No fui un solitario por inhabilidad para comunicarme con los niños de mi edad, puesto que, además de ser un prodigio, fui también adecuadamente infantil. No me vi condenado al ostracismo por mis iguales por el crimen de ser brillante, porque era también un problema disciplinario en la clase, lo que les hizo decidir que resultaba un tipo decente.

En realidad, adoro haber sido un niño prodigio tanto como odio el seguir siéndolo. El ser un adulto prodigio siempre parece algo pálido en comparación, pero, a mi edad, creo que en pocos años voy a tener que ajustarlo.

De todos modos, he estado hojeando la *The Science Fiction Encyclopedia* «Doubleday», 1979), y, de repente, se me ocurrió ver lo viejos que eran todos mis queridos compañeros escritores de ciencia ficción, por lo que puedo proceder a realizar envidiosas comparaciones.

Por ejemplo, hace una década los «Escritores de Ciencia Ficción de Estados Unidos» votaron sobre los mejores cuentos de todos los tiempos, requiriendo las normas que sólo se eligiese un relato de cada autor. Como resultado de ello se eligió el «mejor» relato de cada uno de veintiséis autores diferentes, y se hizo con ello una antología.

Acabo de repasar la lista de relatos de aquella antología y, con ayuda de *The Science Fiction Enciclopedia*, he calculado

la edad de cada autor en el momento en que se publicaron los respectivos relatos.

El autor de más edad que figuró en esta lista fue Murray Leinster, el cual publicó su clásico «Primer contacto» cuando tenía cuarenta y nueve años. El autor más joven que consiguió entrar en la mencionada lista (¿están preparados?) fue Isaac Asimov, que publicó su clásico «Anochecer» a la edad de veintiún años.

Aún no he acabado. ¿Qué relato de los veintiséis acabó en primer lugar (aunque yo no voté por mí mismo)? Lo han adivinado. Fue «Anochecer».

Yo siempre he sostenido que «Anochecer» *no* es el mejor relato que haya escrito, ni tampoco el mejor escrito jamás por nadie (digan lo que digan los votos). No obstante, deseo decir, con orgullo de niño prodigio: Es el mejor relato de ciencia ficción, de *cualquier* tipo de extensión, escrito por *cualquier* persona que no hubiese cumplido aún su vigésimo segundo cumpleaños.

¿Y por qué les estoy diciendo todo esto? Porque un reciente ensayo que escribí para corregir una insuficiencia de conocimientos desplegado en un artículo anterior, me las arreglé para cometer otra insuficiencia de conocimientos aún peor, y ahora debo corregir. Sintiéndome estúpido, he de hacer algo para animarme. Esto es lo que he hecho, y ahora ya puedo empezar.

Imaginemos una esfera en el espacio, con un radio de 8,8 años luz y el Sol en su centro. El volumen de esa esfera es de 2.850 años cúbicos luz.

Se trata de una gran esfera. En el centro, el Sol, aunque es un globo gigante, sólo ocupa 5×10^{-24} (5 billones de billonésimas) de ese volumen.

Imaginemos una esfera más pequeña con el Sol en el centro; una con un radio de 7.400 millones de kilómetros. Sería lo suficientemente grande como para incluir hasta la órbita de Plutón y todo el Sistema solar; en realidad, incluso algunos remotos cometas. Esta esfera de Sistema solar sería aún de sólo 7×10^{-11} (70 billonésimas) del volumen de la esfera mayor. En

comparación con la esfera de radio de 8,8 años luz, todo el Sistema solar se convierte en un puntito.

Sin embargo, dicha gran esfera se vuelve pequeña si lo consideramos de otra manera. Una esfera con radio de 8,8 años luz ocuparía sólo un $1,4 \times 10^{-10}$ (un 1/7 de milmillonésima) del volumen de la galaxia de la Vía Láctea.

Esto es, *grosso modo,* el área de una manzana de casas de la ciudad en comparación con el área de Estados Unidos. Entonces, nos hallamos perfectamente en lo correcto al considerar la esfera de radio de 8,8 años luz como representante de nuestra inmediata barriada estelar; nuestra propia manzana de casas de la ciudad en medio de una gran nación.

La pregunta que se suscita es: ¿Cuántas estrellas existen en nuestra más inmediata vecindad? ¿Cuántas estrellas viven en nuestra manzana?

Contando con el Sol, la respuesta es: Exactamente nueve. Procediendo hacia afuera desde el Sol, llegamos al sistema de Alfa del Centauro que consta de tres estrellas, las cuales son en orden de brillo decreciente: Alfa del Centauro A, Alfa del Centauro B y Alfa del Centauro C. Las dos primeras se encuentran tan próximas una a la otra, que pueden considerarse a la misma distancia.

No obstante, Alfa del Centauro C se halla a una inmensa distancia de las otras dos. A 1,6 billones de kilómetros del centro de gravedad del sistema A/B y se tarda 1,3 millones de años en realizar todo el circuito. Exactamente ahora, se halla en la parte de su órbita situada entre el sistema A/B y nosotros mismos, por lo que puede considerarse tan mensurablemente próxima a nosotros como las otras dos. Incluso Alfa del Centauro C es la estrella conocida más próxima a nosotros, y se halla a 4,27 años luz de distancia.

Sin embargo, Alfa del Centauro C es una pequeña enana roja, de un poco más de 1/20.000 del brillo de nuestro Sol. A pesar de su proximidad (según el estándar estelar), su magnitud visual es de 11,05, lo cual la hace demasiado apagada para po-

der verla con el ojo desnudo. Debería ser mil veces más brillante de como lo es ahora, para mostrarse como una estrella apenas visible en el firmamento.

Alfa del Centauro A y Alfa del Centauro B se encuentran a 4,37 años luz de distancia. De las dos, Alfa del Centauro A es, virtualmente, la gemela de nuestro Sol: con igual masa, idéntica temperatura y la misma luminosidad.

Alfa del Centauro B es una estrella sustancialmente más pequeña. Tiene un diámetro de 973.000 km, en comparación con los 1.390.000 de Alfa del Centauro A o el Sol. Alfa del Centauro B es sólo 0,28 veces de luminoso que Alfa del Centauro A o el Sol. Si tanto Alfa del Centauro A como Alfa del Centauro B brillasen solos en el firmamento, serían una estrella de «primera magnitud». Alfa del Centauro A tiene una magnitud visual de –0,01 y Alfa del Centauro B una del 1,33.

Sin embargo, no los vemos de una forma separada. Están tan juntas la una de la otra que, para un ojo sin ayudas, parecen un solo punto de luz, con una magnitud visual de –0,1. Esto hace de ella la tercera estrella en brillo de los cielos.

Alejándonos del sistema de Alfa del Centauro nos encontramos con tres estrellas individuales: la estrella de Barnard, Lobo 359 y HD 95735, a unas distancias, respectivamente, de 5,9, 7,6 y 8,1 años luz. Son todas unas enanas rojas invisibles al mirarlas con los ojos desnudos.

De las tres, la más brillante es HD 95735, que posee un centenar de veces la luminosidad de Alfa del Centauro C, y una magnitud visual del 7,5. Si fuera dos veces y media más luminosa, sería visible para unos ojos azuzados en una noche muy clara. La estrella de Barnard se encuentra a mitad de camino en luminosidad entre Alfa del Centauro C y HD 95735, Y posee una magnitud visual de 9,54. La más apagada de todas las estrellas de nuestra manzana es Lobo 359. Posee sólo una tercera parte de la luminosidad de Alfa del Centauro C y una magnitud visual de 13,53, a pesar de su relativa proximidad a nosotros.

Esto nos proporciona siete de las nueve estrellas. Para llegar a las dos últimas, debemos trasladamos a una distancia de

8,65 años luz, casi en el borde de la manzana, y allí encontramos una más bien rara pareja de estrellas, Sirio A y Sirio B.

En lo referente a Sirio B, ya he hablado en «¿Cuán pequeño?» (capítulo IV). Se trata de una estrella enana blanca, con la masa del Sol y un volumen menor que el de la Tierra. Su magnitud visual es de 8,68, lo cual la coloca entre HD 95735 Y la estrella de Barnard en lo que se refiere al brillo aparente. Constituye más bien una desventaja, pues queda ahogada en la luz resplandeciente de su compañera, Sirio A.

Sirio A es la aristócrata de la manzana. Es a un tiempo más grande y más cálida que el Sol. Su diámetro es de 2,5 millones de kilómetros, lo cual la hace 1,8 más ancha que el Sol y 5,8 veces más luminosa. Posee 2,5 veces la masa del Sol y una temperatura superficial de 10.000°C, en comparación con los 6.000°C del Sol. Digamos, además, que es 23 veces más luminosa que el Sol.[8]

Como resultado de la luminosidad de Sirio A y de su proximidad a nosotros, su magnitud visual aparente es de –1,45, haciendo de ella la estrella más brillante en el cielo por un considerable margen.[9]

Sirio A (a la que a partir de ahora llamaremos sólo Sirio) era lo suficientemente brillante como para atraer la atención de los antiguos. Lo hubiera hecho así en cualquier caso, pero los egipcios prestaron especial atención a que poseía una coincidencia peculiar. Permítanme que se lo explique.

El Sol se traslada en el cielo con relación a las estrellas, un efecto producido por la revolución de la Tierra en torno del Sol. Cada período de veinticuatro horas, el Sol se mueve 0,9860 hacia el Este, contra el telón de fondo de las estrellas, por lo que,

---

[8] No tengo registradas todas estas propiedades. Existen estrellas mucho más voluminosas y con mayor masa y calor, y más luminosidad que Sirio, pero no en nuestra manzana.

[9] Si Sirio es la más brillante y Alta del Centauro A/B la tercera en luminosidad, ¿cuál es la segunda? Se trata de Canope, con una magnitud visual de –0,73. No obstante, Canope está casi a unos 200 años luz de distancia, y consigue su aparente luminosidad sólo a causa de que es unas 5.200 veces más brillante que nuestro Sol y 225 veces más luminosa que Sirio A.

al final del año solar de 365,2422 días, ha avanzado 3600 hacia el Este y ha realizado un círculo completo en el firmamento.

Si consideramos alguna estrella en particular que salga con el Sol un día concreto «salida helíaca», de unas palabras griegas que significan «cerca del Sol»), a la mañana siguiente la estrella estará a 0,9860 al oeste del Sol y saldrá 3,95 minutos más pronto que el Sol y, a la mañana siguiente, 3,95 minutos aún más pronto. Esto hará que cada vez se salga más de fase y, al cabo de seis meses, la estrella saldrá cuando el Sol se ponga la noche anterior (por decirlo así). Entonces, finalmente, al cabo de un año exacto, esa estrella comenzará de nuevo a salir con el Sol.

Los egipcios se percataron de que la estrella Sirio (a la que llamaron Sotis) sale con el Sol exactamente en el momento en que el Nilo comienza a desbordarse; creyeron que esto constituía un signo importante por parte de los dioses y se dedicaron a observarlo.

Resulta claro que la salida helíaca de Sirio ocurría cada 365 1/4 días, y ello ayudó a los egipcios a establecer un calendario solar que confería 365 días al año y que ignoraba las fases de la Luna, y esto en un tiempo en que otros pueblos antiguos empleaban el menos conveniente y más complicado calendario lunar.

Por supuesto que los egipcios ignoraron la fracción de día y mantuvieron un calendario fijo de 365 días, año tras año. Esto significaba que el calendario perdía un cuarto de día cada año. Si la salida helíaca de Sirio ocurría el 1 de enero de un año particular, volvería a tener lugar el 2 de enero de cuatro años después, el 3 de enero tras otros cuatro años, etcétera. (Esto podía haberse evitado si los egipcios hubiesen adoptado el convenio del año bisiesto. Sabían lo suficiente como para hacerlo así, pero se aferraron a la tradición, lo mismo que nosotros nos aferramos a las estupideces de nuestro propio calendario a causa de la tradición.)

Al cabo de 1.460 años (365×4), Sirio saldría de nuevo el 1 de enero, y por eso el plazo de 1.460 años fue denominado «ciclo sotíaco».

Esto no sólo significó que Sirio salía con el Sol en diferentes días del año a medida que transcurría el tiempo, sino que el desbordamiento del Nilo se producía también en diferentes días del año. De todos modos, los egipcios contarían con la salida helíaca de Sirio como anuncio de la inundación del Nilo para un día determinado del año.

Imaginemos ahora que Sirio sale más temprano cada mañana y que se oculta de nuevo a la salida del Sol. Supongamos que llega el día en que salga, pongamos por caso, diez minutos después del Sol. Naturalmente, sería invisible ante el resplandor solar en el momento en que se alzase.

Al día siguiente, saldría cuatro minutos antes y se ocultaría en el horizonte sólo seis minutos después que el Sol, y también seguiría siendo invisible. Al día siguiente saldría dos minutos después del Sol, y seguiría asimismo siendo invisible.

No obstante, al día siguiente, se alzaría dos minutos *antes* que el Sol y sería visto muy bajo en el horizonte oriental, en el brillo del alba, durante un momento muy breve antes de que el borde del Sol asomase por el horizonte.

A partir de esto, Sirio saldría cada vez más y más temprano, y se encontraría cada vez más alto en el cielo en el momento de la salida del Sol, pero los egipcios no se hallarían entonces interesados en el asunto. Era la salida helíaca lo que les atraía.

En el año 3000 a.C. la salida helíaca de Sirio se produjo tres días antes del tiempo normal del principio de las inundaciones del Nilo en la capital egipcia de Menfis. Sin embargo, con la precesión de los equinoccios y el propio movimiento de Sirio, la salida helíaca fue derivando poco a poco. Hacia el año 2000 a.C., la salida helíaca de Sirio se produjo cinco días *después* de que empezase el desbordamiento del Nilo, y hacia el año 1000 a.C. tuvo lugar veintitrés días después. Sirio ya no servía como anuncio, mas para entonces, el calendario egipcio y las tradiciones habían quedado ya fijados.

Ahora es cuando llega el misterio que mencioné al final del capítulo anterior. Algunos de los antiguos informaron que Sirio era una estrella roja, aunque a nosotros nos parece de un puro blanco. ¿A qué se debería eso?

En «¿Cuán pequeño?» ya adelanté la noción de que Sirio B, antes de ser una enana blanca, había sido una gigante roja y que, con el tiempo, habría acabado ahogada por el resplandor de Sirio. Tal vez el colapso desde gigante roja a enana blanca había ocurrido hace unos mil quinientos años. Sirio B habría desaparecido como objeto visible y habría dejado brillando a Sirio A. Sirio habría cambiado desde roja, en los tiempos antiguos, a blanca en los tiempos medievales y modernos.

Llegué a pensar que esta noción era original mía, y la presenté mientras sonreía con modesto orgullo, y esto es la «insuficiencia de conocimientos» a la que me referí en la introducción de este ensayo.

Afortunadamente, tengo lectores con conocimientos en cada campo en que expongo mi ignorancia, y me escribieron al instante. En este caso fue el doctor Charles F. Richter (el de la famosa escala de Richter para medir la intensidad de los terremotos) el que me escribió para darme cuenta de algunas sugerencias anteriores de esta precisa teoría.[10] Y lo que es peor aún, la teoría no es sostenible por muy a menudo que haya sido expuesta.

Cuando una gigante roja se encoge hasta enana blanca, el resultado es una «nebulosa planetaria», y la enana blanca queda rodeada por un halo de gas. Lentamente, la neblina de gas se expande y adelgaza y, llegado el momento, ya no es visible. Pero esto lleva su tiempo.

Si el colapso de Sirio B tuvo lugar hace mil quinientos años, aún hubieran continuado visibles vestigios de este halo. Tales trazas han sido buscadas acá y allá, sin encontrar señales de ellas. Sirio B no pudo haber entrado en colapso hace mil o dos mil años; sería más probable que sucediese hace cien mil o doscientos mil años.[11]

---

[10] He empleado esa carta y un artículo, «Enigmas de Sirio», por Kenneth Brecher, en un libro titulado *Astronomy of the Ancients* «MIT Press», 1979), para lo que sigue.

[11] Además, los párrafos más ofensivos de «¿Cuán pequeño?» han sido omitidos en esta colección.

En ese caso, ¿qué más puede explicar el hecho de que los antiguos informasen de que Sirio era roja?

Una posiblemente útil sugerencia fue propuesta, en primer lugar, por G. V. Schiaparelli (el de los canales marcianos de Schiaparelli) hace ya un siglo.

Consideremos que el acontecimiento astronómico más importante del año, para los antiguos egipcios, era la salida helíaca de Sirio. Cuando se aproximaba la época, debían haber observado con religiosa excitación la primera entrevisión de Sirio en el horizonte oriental, en la brillante alba del desierto.

Y cuando Sirio aparecía por encima del horizonte, su aspecto era rojizo por la misma razón que el Sol naciente o el Sol poniente tienen aspecto rojizo. La luz se difunde con más eficiencia cuanto más corta es la longitud de onda y tiene lugar de una forma más amplia cuando se atraviesa un mayor grosor de atmósfera. La luz procedente del Sol, o de una estrella, pasa a través de un grosor mayor que de costumbre de la atmósfera cuando tiene lugar en el horizonte; las longitudes de onda corta de luz se esparcen y las longitudes de onda larga de rojos y naranjas tienden a sobrevivir.

La mayor parte de las estrellas son tan mortecinas que, cuando parte de su luz se esparce, lo que queda carece del brillo suficiente como para producir una impresión en el relativamente insensible aparato para la visión en color del ojo humano. En realidad, Sirio es la única estrella lo suficientemente brillante como para tener un aspecto rojo en el horizonte.

Entonces, sería natural para los egipcios el creer que Sirio era rojiza, y lo que es más, Sirio es blanca cuando se halla muy alta en los cielos y roja en el *momento que cuenta:* en la época de la salida helíaca.

No sabemos lo suficiente respecto de los antiguos registros astronómicos egipcios, para estar seguros de que clasificaban a Sirio como roja, pero parece una hipótesis razonable y los griegos debieron verse influidos por ese punto de vista egipcio. A continuación consideremos esto.

Durante el apogeo de los griegos, la salida helíaca de Sirio tuvo lugar en la segunda mitad de julio, en la época de máximo calor estival.

Existe una tendencia natural a imaginar que Sirio, que es desacostumbradamente brillante como estrella, entrega una sustancial cantidad de calor a la Tierra y que, cuando ésta se añade al del Sol durante un largo día, como se producía cerca del momento de la salida helíaca, la Tierra sufriría de unas temperaturas especialmente elevadas.

Sirio es la estrella más brillante del Can Mayor (a veces considerada como un perro de caza de la cercana constelación de Orión, el Cazador). Fue a causa de que se suponía que Sirio añadía calor a las semanas más cálidas del verano, el que estos días se llamasen «días de perro» y, de hecho, aún se les llama así en algunos lugares. Además, el calor añadido a estos días se suponía que alimentaba pestilencias y fiebres (lo cual era muy probable, si aceleraba la descomposición de los alimentos y la actividad de los parásitos).

Así es como Hornero, al principio del Canto V de la *Ilíada*, describe la gloria de Diomedes Tideida cuando Atenea le infundió valor para la batalla: «Entonces Palas Atenea... hizo salir de su casco y de su escudo una incesante llama parecida al astro que en otoño luce y centellea después de bañarse en el Océano. Tal resplandor despedían la cabeza y los hombros del héroe cuando Atenea le llevó al centro de la batalla...»[12]

Sirio (la estrella que brilla más luminosa de todas) parece aquí equiparada a «llama». ¿Se referirá esto a la calidad rojiza de Sirio, como a veces se ha sugerido? ¿O se refiere al tradicional calor de Sirio? Mi creencia personal es que se refiere más bien a lo último.

Luego, en el Canto XXII de la *Ilíada*, Sirio sale de nuevo a colación comparada con la armadura de Aquiles: «El anciano Príamo fue el primero que con sus propios ojos le vio venir por la llanura, tan resplandeciente como el astro que en el otoño se

[12] Hemos utilizado para la traducción de este fragmento la versión de Luis Segalá y Estatella. *Ilíada*, Ediciones Orbis, S. A. -Editorial Origen, S. A. Barcelona, 1982. (*N del T.*)

distingue por sus vivos rayos entre muchas estrellas durante la noche oscura y recibe el nombre de perro de Orión, el cual con ser brillantísimo constituye una señal funesta, porque trae excesivo calor a los míseros mortales; de igual manera centelleaba el bronce sobre el pecho del héroe, mientras éste corría.»[13]

Aquí se pone mucho énfasis en el funesto aspecto de Sirio. Virgilio, que copió cuidadosamente cada aspecto de Homero, hace brillar la armadura de Eneas del mismo modo que la de Diomedes o Aquiles en el Libro X de la *Eneida.* Dice allí: «Arde la cimera de Eneas sobre su cabeza, el penacho arroja llamas y del áureo escudo brotan grandes relámpagos, no de otra suerte que cuando en una noche serena enrojece el cielo con sangriento y lúgubre resplandor un cometa, o cuando sale el ardiente Sirio, trayendo a los míseros mortales sed y enfermedades y contristando el cielo con su aciaga luz.»[14] Aquí de nuevo la referencia a los funestos aspectos de Sirio.

Pero, ¿qué hay de la asociación de Sirio con «el sangriento y lúgubre resplandor de un cometa»? ¿Significa ello que Sirio es también de color rojo sangre?

¡En absoluto! Lo cierto es que los cometas *no* son de color rojo sangre. Sin embargo, los cometas son considerados unos ominosos presagios de desastres, prediciendo la muerte y la destrucción a la Humanidad. La sensación es que aportan la guerra, el asesinato, los desmanes civiles, toda clase de violencia derramadora de sangre. Por lo tanto, predicen acontecimientos «del color de la sangre» y son, por licencia poética, descritos ellos mismos como «de color rojo sangre».

Constituye un terrible error esperar que los poetas sean más literales que metafóricos, y basar las más sobrias teorías en una expectativa de literalidad.

---

[13] Véase la anterior nota 5. (*N del T.*)

[14] Para la traducción de este fragmento hemos utilizado la versión de Eugenio de Ochoa. *Eneida,* Ediciones Orbis, S. A. -Ediciones Origen, S. A. Barcelona, 1982. (*N. del T.*)

Para tomar un ejemplo moderno, cuando Emily Dickinson dice:

«Nadie en toda esa púrpura hueste que hoy ha vencido la bandera...», ¿hay que suponer que la autora está hablando, necesariamente, de gente con pieles púrpuras o bien de uniformes púrpuras?

¡No! Lo que Dickinson está haciendo es realizar una condensada referencia poética de la tradición, tan antigua como el Imperio Bizantino, que asimila la púrpura con la realeza. La hueste vencedora fueron reyes sobre el campo de batalla y, por ende, se les atribuye el color púrpura.

¿Pasar las moradas es ser de ese color, o bien encontrarse en una situación apurada?

¿Estar verde es tener ese color, o más bien ser una persona joven y/o inexperta?

Si uno es un «muchacho dorado», ello equivale a tener mucho talento, el «estar amarillo» se compara con verse acometido por la envidia aunque el color auténtico de uno pueda ser rosado y blanco, o castaño claro.

Estoy seguro de que esto es algo que sucede en todos los idiomas y, en cada uno de ello, las palabras de los colores presentan numerosas asociaciones que no tienen nada que ver con el color en sí, excepción hecha, en el mejor de los casos, de una lejana analogía o una asociación poética.

Cualquier cosa horrible y de mal agüero se relaciona con el pensamiento de los sangriento, y cualquier cosa de color sangre es comparada con el pensamiento de lo rojo. No resulta por ello sorprendente que toda la gente hable de algo amenazador como de color rojo.

En tiempo de Virgilio, podía estar de moda hablar de Sirio como de color rojo, no refiriéndose a su color literal, sino más bien al hecho de que amenazaba a la Humanidad con infortunios. Así, Séneca, en el año 25 d.C., una generación después de Virgilio, dijo: «La rojez de la estrella del perro es muy profunda, la de Marte más suave y Júpiter carece en absoluto de

ella.» Pero, ¿estaba hablando de un color literal o de la intensidad de la desgracia presagiada, en el sentido astrológico? Sospecho que más bien lo último.

Si eliminamos todas las referencias poéticas, nos quedamos con uno de los problemas dominantes que aquejaban a Tolomeo, el astrónomo supremo de los tiempos antiguos.

Existen cinco estrellas brillantes que, de una forma visible, muestran un matiz rojizo o anaranjado. Se trata de Aldebarán, Antares, Arturo, Betelgeuse y Pólux. Tolomeo las menciona a todas como *hipokeros*, una voz que puede traducirse como «rojizo» o «amarillento».

¡Pero añade una sexta! ¡Sirio! ¿Cómo es ello posible?

Consideremos primero el hecho de que Tolomeo vivió y trabajó en Egipto, y debió verse rodeado de registros egipcios y de formas de pensar también egipcias, y ya sabemos que ese pueblo pensaba, de forma natural, en Sirio como de color rojo.

En segundo lugar, como ha sido señalado por Kenneth Brecher, las copias de Tolomeo que ahora tenemos no son, ciertamente, los originales de hace mil ochocientos años. Las copias más antiguas que poseemos tienen únicamente unos mil años, y ya habían sido traducidas del griego al árabe y otra vez al griego. i Quién sabe cuántos errores de copiado y de traducción se habrán introducido en ellas?

En el ejemplar más antiguo, por ejemplo, tenemos un resumen al final que dice que son «cinco estrellas rojas», lo cual es correcto. ¿Se añadió después Sirio al cuerpo de la obra, gracias a alguien que estuviese influido por las descripciones poéticas o por la tradición egipcia, u ocurrió incluso por simple accidente?

Hacia el siglo X, los astrónomos árabes sólo daban la lista de cinco estrellas rojas y omitían a Sirio, y, seguramente, tendrían acceso a libros de Tolomeo más antiguos que cualquiera de los que ahora poseemos.

¿Mi conclusión? La misteriosa rojez de Sirio en los tiempos griegos no resulta ningún misterio, debido a que no era roja, y nunca se dijo que Sirio fuese roja en ningún sentido literal.

VI. POR DEBAJO DEL HORIZONTE

El papel de un escritor es duro, ya que siempre debe enfrentarse con los críticos. Algunos críticos son, supongo, más sabios que otros, pero existen también unos cuantos que son tan inteligentes como para resistir el apremio de mostrarlo.

Los críticos de la divulgación científica siempre han tenido el impulso de recoger cada error que han podido encontrar y sacarlo a relucir, al mismo tiempo que sonríen, avergonzados, ante la exhibición de su propia erudición. A veces, los errores son tan egregios que vale la pena señalarlos; en otras ocasiones, el crítico es indulgente y se para en pequeñeces; y otras veces, el crítico, inadvertidamente, se pone en evidencia.

Tengo ahora mismo en la mano una de esas críticas de mis colecciones de ciencia. No importa dónde ha aparecido ni quién la escribe, excepto que el crítico es un reputado astrónomo profesional. Lo importante radica en que las tres cuartas partes de la reseña están formadas por una lista de mis equivocaciones.

Algunos de los errores aportados por el crítico están bien captados, y deberé ser más cuidadoso en lo futuro. Otros errores que acumula, los encuentro, simplemente, irritantes.

A fin de cuentas, al escribir sobre ciencia para el público puedes, ocasionalmente, tomar atajos si no quieres quedarte atascado en algunos detalles no implicados con el objetivo final. Naturalmente, tampoco se debe tomar un atajo de forma que se dé una falsa impresión. Si hay que simplificar, no se puede siempre simplificar demasiado.

Pero, ¿cuál es la línea fronteriza entre «simplificación» y «simplificación excesiva»? No existe una fórmula científica que nos dé la respuesta. Cada vulgarizador debe llegar a sus propias conclusiones con respecto a esto, y para llevarlo a cabo ha de consultar con su propia intuición y su buen sentido. Aunque no existe un alegato de perfección, compréndalo, confío en

que no les importe que les diga, a este respecto, que mi intuición es bastante buena. Pero vayamos al grano...

El crítico dice: «En todas partes [Isaac Asimov], declara, incorrectamente, que "tal como se ve desde Estados Unidos... Alfa del Centauro se encuentra siempre por debajo del horizonte". En realidad, puede ser visto desde la parte inferior de Florida todas las noches durante los meses de verano.» (Naturalmente, que también él podría ser objeto de crítica. Por «la parte inferior de Florida», quiere decir la parte del Sur. Aparentemente, da por supuesto que la convención de que el «norte está arriba», en los mapas modernos, es una ley cósmica, y tampoco quiere decir que se vea cada noche; se refiere a todas las noches en que las nubes no se interfieran. ¿Ve lo fácil que resulta ser quisquilloso, profesor Crítico?)

No obstante, incluso una crítica irritante puede ser útil, puesto que ahora me es posible entrar en materia respecto de, exactamente, cuáles estrellas pueden ser vistas desde qué puntos de la Tierra.

Para empezar, deseo hacer unas cuantas simplificaciones, que especificaré en concreto, para no ser luego ridiculizado por no haberlo hecho, o por hacerlas sin declarar primero los datos correspondientes.

1. Supondremos que la Tierra es un cuerpo completamente liso, sin ninguna clase de irregularidades en su superficie. Más bien opino que no importa, para los propósitos de este ensayo, que sea un esferoide achatado, pero, dado que estamos simplificando, démoslo por sentado. Supongamos que es una esfera matemáticamente perfecta, de tal forma que, desde cualquier lugar de la Tierra, podamos ver un horizonte auténtico y perfectamente circular.

2. Supondremos que la atmósfera no absorbe luz. Daremos por supuesto que no hay nubes, ni niebla, ni neblina, ni humos. Y que cada estrella tiene el brillo suficiente como para ser contemplada a simple vista.

3. Supondremos que sólo se encuentran en el firmamento las estrellas. Que no existe ningún sol que borre a las estrellas

durante las horas de luz. Nada de luna, planetas, cometas o cualesquiera otros objetos del Sistema solar que puedan confundir nuestro caso. ¡Sólo las estrellas!

4. Supondremos que no existe la refracción atmosférica. En realidad, la refracción tiende a hacer que una estrella aparezca más elevada por encima del horizonte de lo que realmente está (a menos que se encuentre directamente en el cenit) y, dado que este efecto es más pronunciado cuanto más cercana se halla la estrella al horizonte, una estrella que se encuentre de una forma distinta por debajo del horizonte puede verse, en realidad, ligeramente por encima. Desdeñaremos esto, y supondremos que la luz viaja desde una estrella hasta nuestro ojo en una línea recta perfecta, sin verse afectada por ninguna otra refracción o, tampoco a este respecto, por ningún campo gravitacional.

5. Supondremos que la orientación de la Tierra con respecto a la estrella no cambia en absoluto. Naturalmente, esto no es así puesto que la orientación varía de formas diferentes:

a) El eje de la Tierra se mueve con el tiempo, por lo que, si imaginamos que se extendiese hasta un punto por ambos extremos del firmamento, cada punto señalaría, con el tiempo, un lento círculo. La Tierra tarda casi veintiséis mil años en ese movimiento para describir el mencionado círculo, lo cual es denominado «la precesión de los equinoccios».

b) El eje de la Tierra se inclina más hacia la eclíptica, y luego menos hacia la eclíptica, en unos 2,5°, en un ciclo que dura cuarenta y un mil años.

c) La posición del Polo Norte sobre la superficie de la Tierra varía de un momento a otro, por lo que describe un círculo irregular que se desvía del promedio en una distancia de hasta doscientos metros.

d) El suelo sobre el que nos asentamos se mueve con lentitud a causa de la deriva de las placas tectónicas.

6. Daremos por supuesto que las estrellas no se encuentran en unas posiciones cambiantes unas respecto de otras. Naturalmente, todas las estrellas *se mueven*, pero excepción hecha de

algunas de las más próximas, esos movimientos son tan amortiguados por las grandes distancias que, incluso con los mejores instrumentos, apenas se detecta ningún cambio en el transcurso de toda una existencia. En lo que respecta a las estrellas más próximas, donde un «apropiado movimiento» puede llegar a ser medido por los astrónomos, el movimiento sigue sin ser lo suficientemente grande como para que se detecte a simple vista durante una existencia humana.

Todas estas simplificaciones no introducen ningún error sustancial en lo que va a consistir mi exposición.

A continuación, procedamos a describir el firmamento con referencia a la Tierra.

Para el ojo, el cielo aparece como una sólida esfera que incluye a la Tierra. Si quisiéramos hacer un modelo tridimensional del Universo, podríamos construir una pequeña esfera con los continentes y océanos pintados en ella. Eso constituiría la esfera terrestre. A su alrededor podríamos fabricar una esfera concéntrica mayor (una con el mismo centro que la más pequeña), y la llamaríamos esfera celeste.

En la esfera celeste situaríamos las estrellas tal como las vemos en el firmamento. Esto ignora el hecho de que el cielo no es, realmente, una superficie esférica, sino un volumen infinito, y que las estrellas no se encuentran a la misma distancia de la Tierra, sino a unas distancias desordenadamente diferentes. No obstante, desde el punto de vista de este ensayo, las marcas sobre la esfera son suficientes. ¿Cómo localizaremos las estrellas en la esfera celeste?

Para empezar, extendamos imaginariamente el eje de la Tierra, para que abarque el firmamento en ambas direcciones. El extremo norte del eje alcanzaría el firmamento en el Polo Norte celeste, y el extremo sur del eje llegaría al Polo Sur celeste.

Si nos encontrásemos exactamente en el Polo Norte, el Polo Norte celeste se hallaría en el cenit, directamente por encima de nuestras cabezas. El Polo Sur celeste se hallaría en el nadir, en el lugar en que la esfera celeste está en el otro lado de la

Tierra, directamente debajo de nuestros pies. Si nos hallásemos exactamente en el Polo Sur, sería el Polo Sur celeste el que se hallaría en el cenit y el Polo Norte celeste se encontraría en el nadir.

Sobre la Tierra, podemos trazar un círculo en la superficie, de tal forma que cada punto de ese círculo se hallase, exactamente, a mitad de camino entre los Polos Norte y Sur de la Tierra. El círculo es el ecuador, así llamado porque divide la superficie de la Tierra en dos mitades exactas. Se puede trazar un círculo similar sobre la esfera celeste y entonces tendríamos el ecuador celeste.

Si uno se encuentra en cualquier lugar del ecuador, en ese caso el ecuador celeste se hallaría en una línea al otro lado del cielo, comenzando en el horizonte derecho hasta el Norte, pasando a través del cenit y acabando en el horizonte derecho hasta el Oeste.

Así como se marcan en la superficie de la esfera terrestre los paralelos y los meridianos, del mismo modo se pueden señalar en la esfera celeste paralelos de latitud celeste y meridianos de longitud celeste. Si la Tierra y el firmamento se encontrasen sin movimiento una respecto del otro, cada estrella del cielo se hallaría, exactamente, en el cenit con respecto del mismo punto sobre la superficie de la Tierra. La latitud y la longitud celeste de esa estrella serían, con toda exactitud, la latitud y longitud del punto en la superficie de la Tierra sobre el que se hallase en el cenit.

En realidad, no obstante, la Tierra gira del Oeste hacia el Este, completando un giro con respecto de las estrellas cada veintitrés horas y cincuenta y seis minutos.[15] Naturalmente, para nosotros, que nos hallamos sobre la Tierra, nos parece como si estuviésemos inmóviles y que es el cielo el que gira,

[15] Se toman otros cuatro minutos para el giro de la Tierra, a fin de ponerse al día con la posición del Sol en el firmamento, dado que, en dicho intervalo, el Sol se ha movido ligeramente con respecto de las estrellas. Así, medimos la duración del día con relación al Sol. Esto da al día una duración de veinticuatro horas.

de Este a Oeste, en veintitrés horas y cincuenta y seis minutos para cada vuelta.

La rotación aparente de la esfera celeste es igual y opuesta a la rotación real de la Tierra y se efectúa sobre el mismo eje. Esto significa que el Polo Norte celeste y el Polo Sur celeste permanecen fijos en el firmamento. Todos los demás puntos del cielo forman círculos paralelos al ecuador celeste. Esto significa que su latitud celeste no varía con el tiempo.

La longitud celeste no cambia, y eso conlleva la complicación inherente a un reloj de gran precisión. No obstante, en este ensayo nos preocuparemos sólo de la latitud celeste, que ya es una buena oportunidad para nosotros.

Por lo general, la latitud celeste es considerada como una «declinación» por los astrónomos, y se señala, como más o como menos, desde el ecuador celeste, en vez de como Norte y como Sur. Por ejemplo, sobre la esfera terrestre, podemos hablar de latitudes de 40ºN y 40ºS, pero, en la esfera celeste, hablamos de declinaciones de +40° y –40°.

Ahora, pues, imaginemos que nos encontramos exactamente en el Polo Norte. El Polo Norte celeste está en el cenit, y, mientras la esfera terrestre gira, sigue estando allí. Toda la esfera celeste pivota a su alrededor y, cada punto sobre la esfera, describe un círculo paralelo al horizonte. El ecuador celeste se encuentra, exactamente, en el horizonte en todos los puntos.

Esto significa que cualquier estrella que se halle en la esfera en el hemisferio Norte celeste, y que, por lo tanto, posee una declinación positiva, permanece por encima del horizonte durante todo el tiempo y es por ello visible. (Recuerden que hemos desdeñado el Sol, las nubes, la neblina, la refracción y los demás fenómenos que tenderían a estropear toda nuestra preciosa descripción teórica).

Si cada estrella del hemisferio celeste Norte permanece siempre visible, tal como lo vemos desde el Polo Norte, lo inverso también es cierto para cada estrella del hemisferio celeste Sur (todas las cuales tienen una declinación negativa). Dichas

estrellas describen círculos *por debajo* del horizonte y paralelo, por lo que nunca se alzan por encima de él.

Así, pues, desde el Polo Norte vemos sólo la mitad de las estrellas del firmamento (dando por supuesto que se encuentren esparcidas al acaso por encima de la esfera celeste, como así es, si consideramos sólo aquellas visibles a simple vista). Siempre vemos las estrellas con declinación positiva y nunca vemos las estrellas con declinación negativa.

Desde el Polo Sur, la situación es la inversa. Siempre vemos las estrellas con declinación negativa y jamás vemos las estrellas con declinación positiva.

A continuación, imagínese que se encuentra otra vez en el Polo Norte, apartándose del mismo a lo largo de algún meridiano de longitud en particular hacia latitudes más bajas. Su movimiento se ve reflejado en el cielo, dado que, mientras usted se mueve por encima de la superficie de la Tierra, parece como si permaneciese en lo alto de la esfera con su cuerpo vertical, y que es la Esfera Celeste —toda la esfera celeste— la que se ladea. Supongamos que avanza usted hasta los 10° Sur del Polo Norte.

Dado que el Polo Norte se encuentra a los 90ºN, dicho movimiento le lleva a 80ºN. En los 80ºN, el Polo Norte celeste parece haberse movido 10° desde el cenit, y se encuentra ahora 80º por encima del horizonte Norte. Del mismo modo (aunque usted no puede verlo), el Polo Sur celeste se ha movido 10° desde el nadir, y se encuentra ahora 80° por debajo del horizonte Sur.

Este giro continúa mientras usted avanza hacia latitudes cada vez más bajas.

La regla general es que, cuando usted se halla en xºN, el Polo Norte celeste está a xº por encima del horizonte Norte, y el Polo Sur celeste se halla a xº por debajo del horizonte Sur. (Los dos polos celestes deben encontrarse, como es natural, directamente opuestos el uno al otro sobre la esfera celeste.)

Una vez más, la situación se invierte en el hemisferio Sur. Cuanto más se aleja usted del Polo Sur, el Polo Sur celeste se ladea hacia abajo en dirección del horizonte Sur, y el Polo

Norte celeste se inclina hacia arriba (invisible) en dirección del horizonte Norte.

La regla general es que, cuando usted se encuentra a *x*ºS, el Polo Sur celeste se halla *x*º por encima del horizonte Sur, y el Polo Norte celeste se encuentra a *x*º por debajo del horizonte Sur.

En el ecuador, que se halla a 0°, el Polo Norte celeste está a 0° por encima del horizonte Norte y el Polo Sur celeste se halla a 0° por encima del horizonte Sur. En otras palabras, ambos polos celestes se encuentran, exactamente, en el horizonte, en puntos opuestos sobre el horizonte, como es natural.

Regresemos ahora a los 80ºN, donde el Polo Norte celeste se encuentra 10° apartado del cenit en dirección del horizonte Norte. Toda la esfera celeste está ladeada y esto incluye el ecuador celeste, la mitad del cual se inclina por encima del horizonte Sur, y la otra media se halla caída por debajo del horizonte Norte. La altura máxima del ecuador celeste es 10º por encima del horizonte hacia el Sur, mientras la máxima profundidad es 10° por debajo del horizonte hacia el Norte.

Dado que todas las estrellas trazan círculos paralelos al ecuador celeste, todas trazarán ahora círculos que serán oblicuos con respecto del horizonte.

Teniendo en cuenta que el ecuador celeste se sumerge 10º por debajo del horizonte Norte y en un extremo de su círculo, cualquier estrella localizada en el hemisferio Norte celeste, dentro de los 10° del ecuador celeste —es decir, cualquier estrella con una declinación entre +10º y 0°—, se hunde por debajo del horizonte Norte como si se moviese alrededor del firmamento.

Por otra parte, ya que el ecuador celeste se alza 10° por encima del horizonte Sur en el otro extremo de su círculo, cualquier estrella localizada en el hemisferio Sur celeste, dentro de 10º del ecuador celeste —es decir, cualquier estrella con una declinación entre 0° y –10°—, se alza por encima del horizonte Sur mientras se mueve alrededor del firmamento.

Cualquier estrella con una declinación positiva de más de +10º se acerca más al horizonte en su extremo Norte de su

círculo que del Sur, pero nunca se hunde por completo por debajo del mismo. Cualquier estrella con una declinación negativa de más de –10º, se alza más cerca del horizonte en el extremo Sur de su círculo que del Norte, pero nunca se acaba de alzar por encima del mismo.

Desde una posición en los 80ºN, podemos resumir diciendo que todas las estrellas, con una declinación positiva de más de +10°, serán siempre visibles en el firmamento (recuerden que no tenemos presente la ocasional presencia del Sol), y que todas las estrellas con una declinación negativa de más de –10° nunca serán visibles en el firmamento. Aquellas estrellas con una declinación entre +10° y –10° se encuentran, a veces, por encima del horizonte y son visibles y, en otras ocasiones, se hallan por debajo del horizonte y son invisibles.

Podemos generalizar esto para cualquier latitud de la Tierra y dar una regla:

Si nos encontramos a *x*ºN sobre la esfera terrestre, en ese caso todas las estrellas con una declinación positiva de más de +(90–*x*)º se encuentran siempre en el cielo, mientras que todas las estrellas con una declinación negativa de más de –(90–*x*)º no se hallan nunca en el firmamento. Todas las estrellas con una declinación entre +(90–*x*)º y–(90–*x*)º se alzan y se ponen, y en ocasiones se hallan en el firmamento y otras veces no están en el mismo.

Si nos encontramos en *x*ºS sobre la esfera terrestre, la situación es simétricamente la inversa. Todas las estrellas con una declinación negativa de más de –(90–*x*)º están siempre en el firmamento. Todas las estrellas con una declinación positiva de más de +(90–*x*)º no se hallan nunca en el firmamento. Todas las estrellas con una declinación entre –(90–*x*)º y +(90–*x*)º se alzan y se ponen, y a veces están en el firmamento y en otras ocasiones no se las ve en los cielos.

Si nos encontramos en el ecuador, que está a 0°, en ese caso todas las estrellas con una declinación entre +(90–0)° y –(90–0)° —es decir, entre +90° y +90º— se alzan y se ponen, y a veces se hallan en el cielo y en otras ocasiones no. Pero las declinaciones entre +90º y –90° están siempre allí, por lo que,

en el ecuador, *todas* las estrellas están en el firmamento, en un momento u otro, y todas realizan unos círculos que son perpendiculares al horizonte.

Es sólo en el ecuador donde pueden verse todas las estrellas en el cielo en un momento u otro. (En realidad, las estrellas cerca de los Polos celestes, vistas desde el ecuador, estarían siempre cerca del horizonte y, por ello, sería difícil observarlas; pero aquí también desdeñamos los efectos del horizonte.)

También funciona de la otra manera. Supongamos que una estrella tiene una declinación de +60°. Eso significa que se halla a 30° del Polo Norte celeste. Cuando el Polo Norte celeste está más de 30° por encima del horizonte Norte, la estrella debe siempre permanecer por encima del horizonte. Para hundirse debajo del horizonte, tendría que moverse a una posición que está a más de 30° del Polo Norte celeste, lo cual resulta imposible.

El Polo Norte celeste está exactamente 30° por encima del horizonte Norte, cuando uno se encuentra a 30ºN sobre la superficie de la Tierra. En cualquier lugar de la Tierra, desde los 30ºN hacia el Norte, una estrella con una declinación de +60° se encuentra siempre en el firmamento. En cualquier lugar de la Tierra, desde los 30° hacia el Sur, no se halla nunca en el firmamento. En cualquier lugar de la Tierra, entre los 30ºN y los 30ºS, se alza y se pone, a veces, en el firmamento y en otras ocasiones no.

Podemos presentar una regla general. Si una estrella posee una declinación de +xº, se halla siempre en el firmamento desde cualquier lugar sobre la Tierra Norte de (90–x)ºN, nunca en el firmamento en cualquier punto Sur de (90–x)ºS, y se encuentra a veces en el firmamento y otras no, desde cualquier punto entre (90–x)ºN y (90–x)ºS.

Si una estrella posee una declinación de –xº, se halla siempre en el cielo desde cualquier punto de (90–x)ºS, y nunca en los cielos desde cualquier punto Norte de (90–x)ºN, y se halla a veces en el cielo y a veces no, desde cualquier punto entre (90–x)ºS y (90–x)ºN.

El corolario de todo esto es que, desde cualquier punto del hemisferio Norte, el Polo Norte celeste se encuentra siempre en el firmamento. Se halla a 90ºN y es, por ello, siempre visible desde cualquier punto Norte de (90–90)ºN, o 0°, que es el ecuador, mientras el Polo Sur celeste no se halla nunca en el cielo. Contrariamente, desde cualquier punto del hemisferio Sur, el Polo Sur celeste se halla siempre en el firmamento y el Polo Norte celeste nunca lo está. En el ecuador, ambos polos celestes se hallan exactamente en el horizonte.

Otro corolario es que, desde cualquier punto de la Tierra, que no sea el Polo Norte y el Polo Sur, cualquier estrella sobre el ecuador celeste se ve siempre alzarse y ponerse y, por ello, se divisa una parte del tiempo y es invisible durante otra parte,

Pero vayamos ahora a casos concretos. La declinación de Alfa del Centauro es de –60° 38'; ahora bien, dado que 60 minutos de arco forman un grado, podemos pasarlo al sistema decimal (lo cual yo, personalmente, prefiero), y convertir la declinación en –60,63°.

Según las reglas que hemos elaborado, en ese caso, Alfa del

Centauro se encuentra siempre en el cielo en todas las latitudes Sur de (90–60,63)°S, o 29,37°S. No se halla *nunca* en el firmamento en todas las latitudes Norte de 29,37°N. Finalmente, se alza y se pone, y, en ocasiones, se encuentra en el firmamento, y otras veces no, para todas las latitudes entre 29,37°S y 29,37°N.

EL SISTEMA SOLAR

VII. EXACTAMENTE TREINTA AÑOS

Hace algunos años se suscitó la posibilidad de que mis series de seis libros «Lucky Starr», novelas de aventuras de ciencia ficción para adolescentes, que escribí originalmente en los años 1950, bajo el seudónimo de Paul French, fuesen resucitadas y publicadas en nuevas ediciones.

«Excelente —me dije (puesto que nunca soy contrario a la resurrección de mis libros)—, pero la ciencia que se refleja en ellos se encuentra ya anticuada. Además, insertaré un corto prólogo en que prevenga a los lectores de todo esto, y en que describa dónde se dan esos puntos ya anticuados.»

Los editores quedaron un poco incómodos al respecto. Sintieron que arruinaría las ventas del libro. No obstante, me mostré inflexible y me salí con la mía. Las ediciones en rústica de los libros fueron publicadas por la «New American Library» y por «Fawcett Books», mientras que una edición en tela la publicó «Gregg Press»[16], y en cada uno de esos casos aparecieron unos breves prólogos. El final feliz de todo ello consistió en que las ventas no parecieron verse afectadas en lo más mínimo.

¡Hoy las ciencias adelantan que es una barbaridad...! Con cuánta rapidez las declaraciones hechas en ciencia ficción, de buena fe y tras cuidadosas investigaciones, quedan anticuadas y convierten la ciencia ficción en fantasía...

Por ejemplo, para dar unos casos concretos, este mes en que escribo, hace exactamente treinta años que nació *The Magazine of Fantasy and Science Fiction* (donde esos ensayos vieron la

[16] Mi propio nombre se usó en esas nuevas ediciones. Paul French ya no apareció.

luz por primera vez). ¿Qué parte de la ciencia ficción en ese nacimiento se ha convertido ahora en fantasía? No tengo el espacio suficiente para hacer una revisión de toda la ciencia, pero supongamos que consideramos una rama que es muy importante para la ciencia ficción: los planetas del Sistema solar. Supongamos que los consideramos uno por uno.

MERCURIO

En 1949 era aceptado desde hacía sesenta años que Mercurio mostraba sólo una de sus caras al Sol. Su período de rotación se creía que era de ochenta y ocho días, exactamente igual que su período de revolución en torno del Sol.

Esto significaba que Mercurio tenía un «lado soleado» y un «lado a la sombra». El lado al Sol estaba increíblemente caliente, como es natural, especialmente cuando Mercurio se encontraba en el perihelio y recibía un centenar de veces más radiación solar que la Tierra. El lado nocturno, por otra parte, se hallaba en perpetua oscuridad, y tenía unas temperaturas muy poco o nada por encima del cero absoluto.

En medio existía una zona «entre dos luces». Además, la órbita de Mercurio era tan elíptica, que si se quería averiguar la naturaleza de esa zona entre dos luces, nos encontrábamos con que la mayor parte de la misma recibía el suficiente sol durante una época y la suficiente oscuridad en la otra, como para dar como resultado unas intolerables temperaturas, ya fuese de una forma, de otra o de ambas.

No obstante, esto era a menudo ignorado y la zona de media luz de Mercurio era considerada como una región con, por lo menos, una temperatura tolerable —por lo menos, en lo que se refería a los relatos de ciencia ficción—, y los asentamientos humanos se situaban allí.

Pero la astronomía de microondas fue desarrollada en las décadas que siguieron a la Segunda Guerra Mundial y, a principio de los años 1960, se descubrió que las microondas eran radiadas desde el lado oscuro en sorprendentes cantidades. La

temperatura del lado oscuro, por lo tanto, debía de hallarse bastante por encima del cero absoluto.

Un rayo de microondas podía también enviarse desde la Tierra hasta Mercurio. Al incidir en Mercurio, el rayo se reflejaría y el rayo reflejado sería captado otra vez en la Tierra. Si la superficie de reflexión se hallaba inmóvil, las ondas reflejadas tendrían muchas de las características del rayo original. Si la superficie reflectante se encontraba en movimiento (como ocurriría si el planeta tuviese rotación), el rayo reflejado exhibiría unas características cambiadas, y la cantidad del cambio dependería de la velocidad del movimiento superficial.

En 1965 se descubrió, a través de reflejos de microondas, que Mercurio no giraba, en realidad, en ochenta y ocho días, sino en 58,7 días, es decir, las dos terceras partes del período de revolución en torno del Sol.

Esto significaba que el lado al Sol y el lado en la oscuridad de Mercurio entraban en el reino de la fantasía. Cada parte de Mercurio experimentaba tanto el día como la noche. Cada día y cada noche tienen una duración de ochenta y ocho días terrestres, pero no existe en ninguna parte un día o una noche constantes. La superficie de Mercurio se calienta y se enfría, pero nunca recibe tanto calor como el mítico lado soleado, ni tanto frío como el igualmente mítico lado a la sombra.

Esto se convirtió en partes de mi libro *Lucky Starr and the Big Sun of Mercury*.

¿Y qué aspecto tiene la superficie de Mercurio? En 1949 no podíamos decirlo. Naturalmente, era caliente, y eran muchos los pozos imaginados de estaño, plomo o selenio que yacían en una u otra parte del lado soleado (como en mi relato *Runaround).*

En 1974, la sonda «Mariner 10» pasó muy cerca de Mercurio y tomó fotografías que revelaron su superficie con detalle. Se parecía muchísimo a una gran Luna, aunque carecía de «maria», los amplios, relativamente planos y sin cicatrices «mares» de la Luna. No había charcas ni pozos de ningún material.

VENUS

En 1949 no conocíamos, virtualmente, nada acerca de Venus, excepto lo referente a su órbita, su diámetro y su brillo. Dado que aparecía siempre oscurecido por una gruesa e informe capa de nubes, no sabíamos nada sobre su superficie, ni siquiera conocíamos su período de rotación.

No obstante, dada su cobertura de nubes dábamos por supuesto que habría gotitas de agua, y suponíamos que se trataba de un planeta mucho más húmedo y empapado que la Tierra. En realidad, incluso parecía posible que existiese un océano planetario con poca o ninguna tierra emergida. Yo di por supuesto mucho de esto en *Lucky Starr and the Oceans of Venus.*

Con una capa de nubes y un amplio océano, Venus no podía estar demasiado caliente.

Según la teoría del siglo XIX de la formación del Sistema solar, la llamada «hipótesis nebular», resultaba necesario suponer que los planetas se habían formado desde el exterior, por lo que Marte era más antiguo que la Tierra y la Tierra más vieja que Venus. La hipótesis nebular se fue por la borda hacia el cambio de siglo, pero la noción continuó en la mente de los relatos de ciencia ficción. Resultaba muy común el suponer que Venus era más rico, comparativamente, en vida primitiva. Por así decirlo, se encontraba aún en la Era de los dinosaurios.

En cuanto a la rotación, dado que no había, absolutamente, forma de saberlo, resultaba más sencillo suponer que rotaba en algo así como veinticuatro horas, un poco más o un poco menos.

No obstante, a mediados de los años 1950 los astrónomos comenzaban a encontrarse con intrigantes observaciones. Las microondas de Venus parecían estar presentes en insospechadas grandes cantidades. Venus debía de encontrarse más caliente de lo supuesto.

Luego, el 14 de diciembre de 1962, una sonda, «Mariner 2», pasó muy cerca de Venus y fue capaz de medir la emisión de microondas con gran precisión. Parecía claro que la temperatura superficial de Venus se aproximaba a unos increíbles

500°C, tanto en la porción iluminada por el Sol como en la porción dominada por la noche. Era imposible que existiese una sola gota de agua líquida en ninguna parte de la superficie del planeta.

¿Y por qué estaba tan caliente? La respuesta se apoyaba en la atmósfera. En 1967, una sonda, «Venera 4», entró en la atmósfera de Venus y la analizó mientras descendía en paracaídas hacia la superficie. La atmósfera de Venus demostró ser sesenta veces más densa que la de la Tierra, y el 95 por 100 de la misma estaba formada por bióxido de carbono.

El bióxido de carbono es transparente a la luz visible y casi opaco a los infrarrojos. La luz solar pasa a través del mismo, es absorbida por la superficie y se convierte en calor. La cálida superficie reirradia energía en forma de infrarrojos, que no pueden atravesar la atmósfera. El calor queda atrapado y la temperatura de Venus sube hasta que los rayos infrarrojos se ven forzados a atravesarlo.

Las nubes en sí no son, simplemente, gotitas de agua. Es posible también que estén presentes gotitas de ácido sulfúrico.

¿Y qué cabe decir del período de rotación de Venus? Las microondas pueden penetrar las nubes con facilidad y ser reflejadas por la superficie. Estas reflexiones muestran que Venus gira sobre su eje una vez cada 243,1 días terrestres, y de forma retrógrada: del Este al Oeste, en vez de como en la Tierra del Oeste al Este. Esto significa que la duración entre la salida y la puesta del Sol es en Venus de 117 días terrestres.

TIERRA

En 1949 la Tierra era considerada más bien un lugar estático. El suelo debía alzarse y hundirse levemente, y los brazos poco profundos del mar podían hacer invasiones y retiradas, pero los continentes permanecían fijos. Habían existido algunas teorías de «deriva continental», pero nadie creía en ellas.

Por otra parte, el fondo del océano empezaba a revelar algunos de sus secretos. El suelo no era ni llano ni sin accidentes. Existían amplias cordilleras de montañas que atravesaban el

océano Atlántico, y lo mismo ocurría en los demás océanos. Se la denominó la Dorsal Media del océano. Empleando algunas sondas de sonar, William Maurice Ewing y Bruce Charles Heezen mostraron, en 1953, que, corriendo a lo largo de toda la longitud de estas cordilleras, existía un profundo cañón. Llegado el momento, se descubrió que aparecía en todas las porciones de la Dorsal Media del océano, por lo que algunas veces es llamada la Gran Falla global.

La falla dividía la corteza terrestre en dos grandes «placas tectónicas», así denominadas por la palabra griega «carpintero», puesto que parecen muy fuertemente unidas.

En 1960, Harry Hammond Hess presentó pruebas en favor de la «extensión del suelo del mar». Rocas cálidas fundidas, ascienden lentamente desde las grandes profundidades hasta la Gran Falla global, del Atlántico medio, por ejemplo, y se solidifican en o cerca de la superficie. Esta ascensión de rocas solidificadas fuerza a las dos placas a apartarse. Las placas se separan a un promedio de 2 a 18 cm por año. Mientras las placas se separan, Sudamérica y África aún se distancian más.

Los continentes derivan mientras las placas tectónicas se mueven; se forman océanos; se alzan cordilleras, el fondo marino se pandea hacia arriba; los volcanes realizan erupciones y los terremotos se suceden en los lugares en que las placas se unen, etcétera...

Los seres humanos han invadido las profundidades. En 1949 un batiscafo —buque capaz de maniobrar muy por debajo de la superficie de los océanos—, ya había penetrado 1,4 km por debajo de la superficie del océano.

El 14 de enero de 1960, sin embargo, Jacques Piccard y Don Walsh llevaron un batiscafo hasta el fondo de la Fosa de las Marianas, sumergiéndose 11 kilómetros por debajo de la superficie del océano hasta la parte más profunda de la sima.

LUNA

En 1949, como había ocurrido a través de toda la historia humana, los terrestres sólo podían ver una cara de la Luna, un

lado que carecía de aire, de agua, que no sufría cambios y estaba lleno de cráteres.

Podíamos soñar, sin embargo, acerca del otro lado oculto. Tal vez, por alguna razón, era algo menos prohibido. Aunque no hubiera, en general, ¿podían existir suficientes cantidades de agua y de aire en la sombra de los cráteres o debajo de la superficie de la Luna, en el otro lado, que sirviesen como soporte a una vida primitiva? Se habían aprovechado esas nociones en algunos ocasionales relatos de ciencia ficción.

Sin embargo, en 1959, una sonda, «Luna 3», envió, por primera vez, fotografías de la cara oculta de la Luna. Otras sondas efectuaron lo mismo. Llegado el momento, unas sondas que orbitaron la Luna enviaron fotografías detalladas de cada parte del astro, y se pudo efectuar un mapa de nuestro satélite tan detallado como pudieran serlo los de la Tierra.

De este modo, se descubrió que la parte oculta de la Luna era, exactamente, igual que la cara visible: carecía de aire, de agua, de actividad y estaba llena de cráteres. La única diferencia radicaba en que la otra cara de la Luna, al igual que Mercurio, no poseía los «maria» que aparecen en el lado visible de la Luna.

El 20 de julio de 1969, el primer pie humano pisó la Luna y, unos cuantos días después, las primeras rocas lunares fueron traídas a la Tierra. Se han aportado muchas más desde entonces, y la evidencia parece indicar que no sólo no existe agua en la Luna, sino que no ha parecido haberla desde los primeros días del Sistema solar.

En realidad, la Luna está sembrada de fragmentos vítreos, que parecen indicar que se ha visto expuesta en el pasado a un calor mucho mayor que al que se halla sometida hoy. Tal vez hubiera, originariamente, una órbita elíptica que le llevase mucho más cerca del Sol, en el perihelio, de lo que ocurre ahora, y quizá fue entonces capturada por la Tierra.

Si alguna vez se consiguen muestras de piedras de Mercurio, será interesante compararlas con las que poseemos procedentes de la Luna.

MARTE

En 1949 aún era posible creer que Marte estaba cubierto por una intrincada red de canales, que demostrasen la presencia no sólo de vida, sino de una vida inteligente y de una elevada, aunque decadente, civilización. En realidad, esto se había convertido, virtualmente, en un dogma de la ficción científica.

En realidad, Marte era más pequeño que la Tierra, tenía una atmósfera más tenue y una cantidad mucho menor de agua, y era mucho más frío, pero poseía un día de una duración igual a los muertos, y un eje inclinado como el terrestre, por lo que tiene unas estaciones parecidas a las de la Tierra, apareciendo, además, unos visibles casquetes de hielo.

La primera grieta en esta descripción se produjo el 14 de julio de 1965, cuando la sonda «Mariner 4» pasó ante Marte y mandó veinte fotografías del planeta.

No aparecían canales. Lo que mostraban era más bien cráteres, con un gran parecido a los de la Luna, y el estado de su edad aparente mostraba que se había producido una pequeña erosión, y que, de todos modos, no parecía haber mucho aire o agua en Marte.

En 1967, los «Mariner» 6 y 7 pasaron ante Marte y mostraron que la atmósfera era más tenue, más seca y más fría incluso que las más pesimistas estimaciones previas al envío de las sondas. Posiblemente, no podía existir ninguna forma de vida avanzada en Marte, y mucho menos una vida inteligente con gran habilidad para la ingeniería. Los canales vistos por unos cuantos astrónomos eran, aparentemente, ilusiones ópticas.

En 1971, la sonda «Mariner 9» entró en órbita alrededor de Marte, y toda la superficie marciana pudo fotografiarse con detalle. Aunque no existían canales, había unos enormes volcanes; uno de ellos, el Monte Olimpo, era mucho mayor que cualquier otro de la Tierra. Otra observación fue la de Valles Marineris, un cañón que dejó tan pequeño el Gran Cañón del Colorado terrestre, que lo convirtió en la incisión producida por un mondadientes. También existían ciertas señales que tenían exactamente el aspecto de lechos secos de ríos.

Por lo menos, parecía haber cierta vida geológica en Marte. ¿Habría también vida biológica? ¿Aunque sólo fuese microscópica?

En 1976, las sondas «Viking» 1 y 2 aterrizaron con suavidad en la superficie marciana e hicieron pruebas con el suelo en busca de vida microscópica. Los resultados fueron similares a los que se hubiesen esperado de haber vida presente, pero no se halló absolutamente nada respecto de cómo detectar compuestos orgánicos.

Mis relatos *David Starr: Space Ranger* y *The Martian way* quedaron, en parte, anticuados a causa de todos estos descubrimientos.

FOBOS Y DEIMOS

En 1949 los satélites marcianos formaban unos apagados puntitos de luz y nada más. Eran pequeños, pero eso era todo cuanto podíamos decir.

Algunas de las últimas sondas a Marte tomaron las primeras fotografías de cerca de los satélites. Constituían unos cuerpos irregulares que tenían aspecto de patata, incluso con ojos. El diámetro mayor era de

28 km para Fobos, y 16 km para Deimos. Ambos se hallaban completamente cubiertos de cráteres. Fobos presentaba, además, estriaciones, y Deimos tenía sus cráteres sepultados en polvo.

Los satélites eran oscuros mientras que Marte era rojizo. Muy probablemente, Fobos y Deimos constituían unos asteroides capturados de la clase denominada «condritas carbonáceas». Los mismos contienen grandes cantidades de agua y compuestos orgánicos, por lo que los pequeños satélites de Marte pueden demostrar ser de mayor interés, una vez se llegue a ellos, de la misma superficie de Marte.

ASTEROIDES

En 1949, los asteroides se consideraban confinados, en su inmensa mayoría, al cinturón de asteroides, y constituía un dogma de la ciencia ficción que la región estaba sembrada de restos y que resultaba, virtualmente, infranqueable. Mi primer relato publicado, *Marooned of Vesta*, trataba de una nave que se había destrozado en el cinturón de asteroides, tras una colisión con los restos planetarios.

Naturalmente, existían ocasionales excepciones. Unos cuantos asteroides (que «rozaban la Tierra») llegaban tan cerca como hasta Marte y, en 1948, se había descubierto Ícaro. Se aproximaba más al Sol que el mismo Mercurio. Asimismo, por lo menos se sabía que un asteroide, Hidalgo, retrocedía hasta tan lejos como la órbita de Saturno.

En el transcurso de los siguientes treinta años, no obstante, se descubrieron muchos más asteroides que penetraban en las regiones interiores del Sistema planetario. Toda una clase de «objetos Apolo» se sabe hoy que se aproximan más al Sol que Venus y, en 1978, se descubrió un asteroide con una órbita que, en cada punto, está más cercano al Sol que la órbita de la Tierra.

En 1977, Charles Kowall, al estudiar placas fotográficas en busca de distantes cometas, halló un objeto que parecía moverse de una forma inusualmente lenta para un asteroide. Descubrió que era un objeto del tamaño de un asteroide, pero con una órbita que, en su punto más cercano, se hallaba tan alejada del Sol como Saturno, y que, en su lugar más alejado, se retiraba a la distancia de la órbita de Urano. Le llamó Quirón.

Resulta claro que los asteroides tienen una forma de penetrar más en el Sistema solar de lo que se había pensado en 1949. Además, el cinturón de asteroides en sí era menos peligroso de lo que se creía. Las sondas han pasado a través de ellos sin ningún problema y sin señales de una desacostumbrada concentración de materia.

JÚPITER

En 1949 se sabía que Júpiter era un gigante que tenía fajas de colores, desde el naranja al castaño, y que poseía impurezas de amoníaco y de metano en una atmósfera formada, principalmente, por hidrógeno y helio. No se conocía nada más que esto acerca de su constitución.

En los relatos de ciencia ficción, se suponía que, bajo una profunda y densa atmósfera, existía una superficie sólida. Yo me aproveché de esta creencia para mi relato *Victory unintentional*.

En 1955 se detectó una radiación activa de microondas en Júpiter y, el 3 de diciembre de 1973, una sonda, «Pioneer 10», pasó rozando la superficie de Júpiter. Descubrió que este planeta poseía una magnetosfera (cinturón de partículas cargadas eléctricamente en el exterior de su atmósfera), que era, a un tiempo, más voluminosa y más densamente cargada de lo que ocurre en la Tierra.

La magnetosfera resultaba mortífera, y lo suficientemente grande como para envolver a los mayores satélites de Júpiter, que no podían alcanzarse más que por medio de sondas sin tripulación humana.

Además, parecía que cabía dejar de lado el presumir que existía un núcleo sólido. Júpiter sería, esencialmente, una bola de hidrógeno líquido al rojo, con un centro que podía hallarse comprimido en forma de sólido «hidrógeno metálico».

El 5 de marzo de 1979 la sonda «Voyager 1» realizó una aproximación considerable a Júpiter y mandó unas fotografías que mostraban una increíble actividad: una atmósfera hirviente y retorcida en unas inimaginables tormentas: Una fotografía muestra lo que parece ser un tenue anillo de restos que rodean a Júpiter.

SATÉLITES DE JÚPITER

En 1949 los cuatro satélites mayores de Júpiter, Ío, Europa, Ganímedes y Calisto, sólo se conocían como unos puntitos de

luz. Sus tamaños se estimaban de la forma siguiente: Ío del tamaño de la Luna, Europa un poco más pequeño, Ganímedes y Calisto considerablemente mayores. No se conocía nada acerca de sus superficies, aunque se suponía que eran pequeñas versiones de Marte. En ciencia ficción, la vida se situaba, con frecuencia, en sus superficies. Yo lo hice así en algunos relatos, como *The Callistan menace* y *Christmas on Ganymede.*

Una vez se descubrieron los cráteres de Mercurio y de Marte, comenzó a darse por supuesto que los satélites de Júpiter eran también cuerpos sin aire, sin vida y sembrados de cráteres.

La sonda «Voyager 1» tomó las primeras buenas fotografías de los satélites. Ganímedes y Calisto estaban también llenos de cráteres. Éstos resultaban someros, puesto que dichos satélites se hallaban formados, en su mayor parte, por hielo, y la superficie no poseía la suficiente dureza mecánica para mantener unos cráteres de altas paredes y profundidades centrales.

La gran sorpresa radicó en que Ío y Europa carecían de cráteres. Europa parecía estar marcado por unas fisuras alargadas y rectas, algo parecido a los canales marcianos como portadores de vida, excepto que, probablemente, se trataba de unas incisiones en la corteza helada. El hielo, presumiblemente, rellena y tapa los cráteres que se formen.

La auténtica sorpresa la constituyó Ío. Las fotos de Ío mostraban que existían volcanes en actividad, que expelían hacia arriba nubes de polvo y de gases. La superficie del satélite debía de estar constituida por capas de lava sulfúrica, lo cual explicaría su color rojizo-amarillento y la neblina de sodio alrededor y a través de su órbita. Era esta lava la que llenaba y borraba todos los cráteres que se formaban.

Un pequeño satélite, Amaltea, se encuentra en el interior de la órbita de Ío. Es alargado, con su prolongado eje señalando hacia Júpiter, como si unos efectos de marea pudiesen separarlo. El anillo de Júpiter se encuentra dentro de la órbita de Amaltea.

En 1949 sólo se conocían pequeños satélites que rodeaban a Júpiter más allá de la órbita de Calisto. Desde entonces, su número ha aumentado hasta ocho, posiblemente incluso nueve.

SATURNO Y SUS SATÉLITES

Las sondas no han llegado aún a Saturno, por lo que nuestros conocimientos del planeta son, aproximadamente, los mismos que en 1949, excepto que podemos suponer que lo que hemos aprendido acerca de Júpiter es también valedero para Saturno.[17]

En 1949 el número de satélites conocidos que rodeaban a Saturno era de nueve, como había sucedido ya durante medio siglo. En 1967, sin embargo, Audouin Dolfuss descubrió un décimo satélite, al que llamó Jano. Gira en torno de Saturno de una forma más cercana que cualquier otro satélite, y su órbita se halla, exactamente, fuera de los magníficos anillos de Saturno. (Yo no mencioné a Jano, como es natural, en mi libro *Lucky Starr and the Rings of Saturn.*[18]

URANO

No se han efectuado asombrosos descubrimientos en el mismo Urano desde 1949, pero, en 1977, James L. Elliot y otros, que estaban investigando un ocultamiento de una estrella por ese planeta, descubrieron que la estrella llevaba a cabo una pauta de apagamiento e iluminaciones antes de que el borde de Urano se moviese delante de la estrella, y la misma pauta a la inversa, una vez que el borde opuesto de Urano hubiese pasado más allá.

---

[17] Desde que se escribió esto, las sondas han llegado ya a Saturno y nos han mostrado que el sistema de anillos es más complejo de lo que habíamos pensado, y que su campo magnético es considerablemente más débil de lo esperado.

[18] Jano puede no existir después de todo, pero las sondas de Saturno han descubierto varios pequeños satélites cerca de los sistemas de anillos.

Aparentemente, Urano tenía anillos, unos anillos más tenues y oscuros, no visibles a la inspección ordinaria dada la gran distancia a que se encuentra el planeta. Esto, y el incluso aún más reciente descubrimiento de un anillo en torno de Júpiter, hace parecer ahora que los planetas con anillos pueden ser algo corriente, y que cualquier gran planeta muy alejado de su estrella debe tenerlos. La cosa más notable respecto de Saturno no es que posea anillos, sino que sean tan voluminosos y brillantes.

NEPTUNO

Nada significativo ha llegado a nuestro conocimiento acerca de Neptuno, más allá de lo conocido en 1949.

PLUTÓN

En 1949 Plutón era conocido sólo como un puntito de luz. Se pensaba que pudiera ser tan grande y macizo como la propia Tierra.

En 1955, a partir de unas pequeñas pero regulares iluminaciones y apagamientos, se descubrió que tenía un período de rotación de 6,4 días terrestres. No obstante, la estimación acerca de su tamaño disminuyó hasta que, en los años 1970, se ha hallado a pensar que posee el tamaño y la masa de Marte.

El 22 de junio de 1978, W. Christy, al examinar fotografías de Plutón, se percató de un abultamiento visible en un lado. Volvió a examinar otras fotografías y, finalmente, decidió que Plutón tenía un satélite, al que llamó Caronte. Plutón y Caronte giraban uno en torno del otro en 6,4 días, cada uno de ellos presentando sólo una cara al otro.

Por el grado de separación y por el tiempo de revolución, podía calcularse que Plutón poseía un diámetro de sólo 3,000 kilómetros, y Caronte otro de 1.200. Los dos juntos, poseían sólo una octava parte de la masa de nuestra Luna.

RESUMEN

Han pasado exactamente treinta años desde la fundación de *The Magazine of Fantasy and Science Fiction*, y vean cuántos cambios han ocurrido en sólo una pequeña rama del conocimiento humano.

En esos treinta años, hemos perdido el lado soleado y el lado oscuro de Mercurio; los océanos de Venus; los canales de Marte; la superficie sólida de Júpiter; y (posiblemente) la vida en cualquiera de los planetas del Sistema solar, excepción hecha de la Tierra.

En estos treinta años, hemos ganado la rotación más rápida de Mercurio y la rotación más lenta de Venus; el infernal calor de Venus; los volcanes y cañones de Marte; la naturaleza líquida de Júpiter; los anillos para Júpiter y Urano; los cráteres para Mercurio, Marte, Fobos Deimos, Ganímedes y Calisto; las placas tectónicas para la Tierra y, posiblemente, Europa; volcanes en actividad en Ío; satélites adicionales para Júpiter y Saturno; y un satélite para un empequeñecido Plutón.

¡En sólo treinta años! ¿Qué descubriremos en treinta años más?

NOTA

El artículo anterior fue escrito en marzo de 1979. Desde entonces pueden estar seguros de que el tiempo no se ha detenido.

Los satélites de Saturno han sido estudiados en detalle. Incluso se ha trazado el mapa de varios de ellos. Mimas posee un cráter enorme, considerando el tamaño del satélite. Rea y Dione poseen numerosos cráteres. Encelado parecía más liso, pero se ha conseguido una buena visión del mismo a través de la sonda «Voyager», que pasó ante él a principios de 1981. Japeto tiene un lado iluminado y el otro lado oscuro, pero todavía no se conoce la razón de ello. Titán posee una atmósfera mucho menos tenue de lo esperado, de una amplitud mayor que la de la Tierra. Y lo que es más, esa atmósfera es rica en nitrógeno.

Asimismo también Saturno posee anillos que tienen una estructura mucho más compleja que lo que se había pensado. Es posible que existan hasta un millar de sub anillos, incluyendo varios en la división de Cassini, que se creía que estaba vacía. Algunos de los sub anillos no son del todo circulares y, por lo menos, uno parece estar trenzado. También existen en los anillos «escalones», regiones oscuras que cruzan los anillos en ángulos rectos en su rotación.

Una segunda sonda «Voyager» se encuentra en camino...

LA LUNA

VIII. UN LARGO VIAJE DE UN DÍA

El mes pasado, Janet —mi mujer— y yo estuvimos en el interior del Estado de Nueva York con un grupo que trataba de observar la lluvia de meteoritos Perseidas a primeras horas de la madrugada.

Desgraciadamente, tres de las cuatro noches que se dedicaron a esta tarea habían aparecido sólidamente cubiertas de nubes y, durante la cuarta noche, la exhibición no fue espectacular. Sin embargo, lo habíamos pasado bien, y lo menos importante no había sido el escuchar conferencias sobre temas astronómicos.

Una noche estábamos saliendo del hotel hacia el alejado edificio donde Fred Ness (un maravilloso conferenciante sobre asuntos astronómicos), nos iba a informar acerca de los medios para predecir los eclipses. Disfrutábamos ya por anticipado.

En el ascensor, una mujer de edad e irritable se quedó mirando con desagrado nuestros atuendos:

—Morirán congelados si salen de esa forma.

Dado que no soy especialmente sensible al frío, y puesto que estaba casi seguro de que una noche de agosto no era muy probable que tuviese una temperatura por debajo de los 16°C, aunque el día hubiese sido nuboso, me contenté con sonreír de una forma benigna. Sin embargo, Janet, que es más sensible al frío que yo, miró intranquila su reloj y dijo:

—Ya no tengo tiempo para regresar a buscar mi suéter.

Estaba a punto asegurarle que no lo necesitaría, cuando aquella arpía gritó:

—¿Van a ir a escuchar esos cuentos de hadas?

Yo quedé asombrado. Nosotros, la gente de Perseidas, formábamos sólo una pequeña fracción de la clientela total de aquel hotel de estación, y existían otras actividades que no tenían nada que ver con nosotros, pero no había oído nada acerca de aquellas presentaciones de cuentos de hadas:

—¿Cuentos de hadas? —inquirí.

—Todos esos chismes acerca de las estrellas —respondió la mujer agriamente—. No los escuchen. Son sólo cuentos de hadas...

Supongo que me eché a reír, lo que debió enojarla, porque, cuando salimos, la mujer decidió escalar el nivel de los insultos y aplicó el peor epíteto en que pudo pensar respecto de la inocente conferencia sobre eclipses que nos disponíamos a escuchar.

Detrás de nosotros, su voz se alzó hasta formar un chillido:

—Es sólo ciencia ficción —gritó—. *¡Ciencia ficción!*

¡Pobre cosa! Decidí dedicar mi siguiente ensayo a algo que sonaría bastante más como ciencia ficción que el asunto serio y de cada día de los eclipses; no es que me imaginase, ni por un momento, que leería mis ensayos aunque ella supiese cómo hacerla...

El tema sujeto a discusión en este ensayo es la influencia de las mareas de la Luna sobre la Tierra. Ya he discutido las mareas con algún detalle en un artículo anterior («Tiempo y mareas», en *Asimov on Astronomy*, «Doubleday», 1974), y deseo, arbitrariamente, dar por supuesto que ustedes lo han leído y lo recuerdan.

En ese ensayo anterior, dediqué unos cuantos párrafos a la forma en que las mareas hacen más lento el período de rotación de la Tierra, y es acerca de todo esto de lo que me gustaría entrar ahora en más detalles.

Cualquiera de nosotros que haya jugado a la peonza cuando niño,[19] conoce que la proporción de su rotación disminuye, lentamente, hasta que, llegado el momento, se tambalea, luego cae

[19] ¿Existen aún las peonzas? No he visto a nadie jugar con una peonza desde hace varios años.

hacia arriba y se queda inmóvil. La energía de rotación de una peonza que gira, se consume gradualmente y se convierte en calor por medio de la fricción de su punta con el suelo mientras da las vueltas, a través de la resistencia del aire en el que gira, y lo que es más, su pequeña reserva de inercia angular se transfiere a las enormes reservas que posee la Tierra.

Si la peonza girase sin entrar en contacto con ningún material, y si diese vueltas en un vacío absoluto, no habría fricción y no existiría forma de que perdiese la energía de rotación o la inercia angular. En ese caso, la peonza seguiría girando para siempre en una proporción que nunca disminuiría.

Si consideramos la bola sólida de la Tierra, junto con los océanos y atmósfera que están por encima de ella, como si se tratase de una peonza, ello representaría el caso ideal. La Tierra no entra en contacto con ningún objeto material mientras gira, puesto que está rodeada del vacío del espacio.

Sin embargo, nada es nunca ideal. El espacio interplanetario no constituye un vacío absoluto, y la atmósfera y los océanos reaccionan respecto de la rotación, al establecer unas corrientes que giran y consumen energía, tanto en el aire como en el agua. Sin embargo, es tan amplio el suministro de la Tierra en energía rotacional y en inercia angular, y tan pequeño el efecto de esos apartamientos de lo ideal, que cualquier cambio en la rotación que resulte de dichas cosas no ideales es notoriamente pequeño.

Esto nos lleva a las mareas. Al girar, la sólida bola de la Tierra pasa, constantemente, a través de dos pequeñas elevaciones del océano, una que hace frente a la Luna, y la otra que se separa de la Luna; las mareas se producen por el hecho de que las diferentes porciones de la Tierra se encuentran a unas distancias ligeramente distintas de la Luna y, por ello, se ven sujetas a las levemente diferentes intensidades de la gravitación lunar.

Dado que la línea de la costa pasa a través del pancho de las mareas, y puesto que el agua se mueve hacia la orilla y luego hacia abajo, se produce un efecto de fricción. Parte de la

energía rotacional de la Tierra se convierte en calor, y también se desvanece parte de su inercia angular.[20]

Y lo que es más, existen dos pandeamientos de las mareas en la Tierra sólida en sí (más pequeños que el pandeo de los océanos), por lo que, mientras la Tierra gira, las rocas se alzan unos pocos centímetros y se estabilizan, una y otra vez, dos veces diarias. Aquí también existe fricción, y tanto la energía rotacional como la inercia angular se convierten o se transfieren. Por otra parte, se estima que la Tierra pierde de 20 a 40 mil millones de kilocalorías de energía rotacional cada minuto.

Como resultado del efecto de las mareas, el período de rotación de la Tierra debe estar haciéndose más lento constantemente; ahora bien, para expresar todo esto de una forma más mundana, de un modo que impresione a la conciencia de la gente, el día debe hallarse también constantemente alargándose.

De todas maneras, incluso la colosal pérdida de 20 a 40 mil millones de kilocalorías de energía rotacional cada minuto, se encoge hasta casi cerca de nada, en comparación con el almacenamiento titánico de la energía de rotación que posee la Tierra. El efecto de frenado de las mareas, pues, es extraordinariamente pequeño, y puede llegar el momento en que el día se alargue un segundo sólo después de que las mareas hayan estado ejerciendo su efecto de frenado durante 62.500 años. Esto significa que, al final de un siglo, el día será 0,0016 de segundo más largo que al principio del siglo; o bien, para expresarlo de otra forma, que cada día es 0,000 000 044 de segundo más largo que el día anterior.

Esto es bastante, pero, ¿podemos aseguramos de ello? ¿Puede el alargamiento del día medirse en la actualidad?

Es posible, puesto que poseemos ahora relojes atómicos que llegan a medir semejante diferencia de un día a otro; y esto

[20] La inercia angular no se desvanece auténticamente. No puede. Queda escondida por una opuesta inercia angular, o es transferida. No se encuentra implicada aquí una inercia angular opuesta, por lo que debe ser transferida. Pero, ¿adónde? Ya explicaremos esto en el capítulo siguiente.

puede, ciertamente, hacerse con facilidad si medimos la duración de varios días ahora y la duración de varios días al año siguiente.

No obstante, existen complicaciones. Cuanto más exactos se hacen los relojes, los astrónomos descubren que la rotación de la Tierra no es constante y que la misma Tierra es, de hecho, un pésimo cronómetro.

Las posiciones observadas, de un momento a otro momento, de cuerpos tales como la Luna, el Sol, Mercurio y Venus, que puede conseguirse con una constante y mayor precisión, a medida que los relojes han ido mejorando, todas muestran discrepancias respecto de las posiciones teóricas que debían tener. Y lo que es más, las discrepancias fueron, aproximadamente, las mismas para los cuatro cuerpos. No cabía esperar que la coincidencia de dichos cuerpos se moviesen al unísono, como parecía, sino que, en vez de ello, fue el período de rotación de la Tierra el menos fijo.

Si el período de rotación de la Tierra se hace ligeramente más lento, la posición de los cuerpos celestes parece que avanza por delante de lo teórico; si el período de rotación de la Tierra se acelera levemente, la posición de los cuerpos celestes cae más allá. Entre 1840 y 1920, la proporción del retraso de la Tierra fue superior a un segundo, y luego comenzó a acelerarse de nuevo.

¿Por qué? Porque la Tierra no es un cuerpo perfecto y sin cambios. Existen terremotos y movimientos de masas en el interior de la Tierra. Si la masa se mueve, en promedio, levemente más cerca del centro de la Tierra, la velocidad de rotación de la Tierra se acelera levemente; si la masa se aleja levemente desde el centro, la rotación de la Tierra se hace ligeramente más lenta.

De hecho, a medida que los relojes continuaron mejorando, se descubrió que el índice de rotación de la Tierra cambiaba con las estaciones. En la primavera, el día es, aproximadamente, un duodécimo de segundo más largo que en otoño. Esto se debe al movimiento de la masa por las nevadas, a los cambios estacionales en el aire y en las aguas corrientes, etcétera.

Sin embargo, estos cambios son todos cíclicos. Las estaciones y los terremotos alargan y acortan el día, pero, en promedio, no existen cambios.

Sobreimpuesto a estos cambios cíclicos de un segundo, o más, se encuentra el mucho más pequeño cambio no cíclico de un incremento de la duración del día, en una proporción de 44 mil millonésimas de segundo diarios. ¿Cómo se detecta este pequeño cambio secular, entre toda esta mezcla de cambios cíclicos tan prolongados?

En la actualidad, ello es difícil.

Supongamos que el día ha seguido constante en su duración durante eones, pero que, de repente, ha empezado a incrementarse el promedio de una centésima de segundo anual. Al finalizar el siglo, el día será un segundo más largo de lo que había sido al principio de la centuria.

Ciertamente, esto no constituirá ninguna diferencia práctica en su vida y, si todo cuanto tiene es un reloj corriente, no será usted capaz de medir dicho cambio.

Pero la diferencia aumenta. Cada día del segundo año, comienza 1/100 de segundo más tarde que el día equivalente del primer año y, al final del segundo año, el día empieza 365/100, es decir, 3,65 segundos más tarde de que lo hiciera el día al principio del primer año.

Cada día del tercer año, principia 2/100 de segundo más tarde que el día equivalente del primer año, por lo que, al final del tercer año, comienza 6,30+3,65, o sea, 9,95 segundos más tarde de lo que lo hiciese el primer día del primer año. Y así en adelante.

Aunque los días individuales, a través de todo el siglo, hayan sido sólo fracciones de segundo más largos que los primeros días, el error *acumulativo,* día a día, va ascendiendo, y, para cuando haya transcurrido todo un siglo, un día particular estaría empezando 2,3 *días* después del momento en tiempo en que hubiese empezado, de no haber existido en absoluto ese pequeño alargamiento del día.

A continuación, supongamos que cada año, exactamente en el mismo momento, tiene lugar algún acontecimiento de tipo

astronómico y perceptible como, por ejemplo, un eclipse total de sol. A través de tiempo inmemorial, mientras el día ha tenido una duración absolutamente constante, el Sol siempre se ha eclipsado, digamos, a las 4 de la tarde del 31 de agosto.

Una vez que el día, de repente, comienza a alargarse con lentitud, el eclipse de sol comenzará cada año más pronto, en una cantidad igual al error acumulado. A finales del siglo, el eclipse se produciría el 29 de agosto a las 8.48 de la mañana.

No tiene importancia la clase de reloj que tengamos. No se necesita ninguno para que nos diga que el eclipse está comenzando antes; lo que se necesita es un calendario. Y, dada la discrepancia en la presencia del eclipse, una vez se eliminan las otras posibles causas, existirán precisas razones para saber que el día se hace más lento a un promedio demasiado pequeño para que pueda usted medirlo directamente. En realidad, incluso sin un reloj decente, puede conseguir una buena estimación del mencionado promedio.

Naturalmente, un aumento de 0,01 de segundo por año es muy grande en comparación con lo que, realmente, ocurre. A la actual proporción en que se incrementa el día terrestre, el error acumulado, en el transcurso de un centenar de años, es sólo de treinta y tres segundos, y esto no es suficiente para servir de ayuda. Ello significa que debemos emplear unos intervalos de tiempo mayores.

Consideremos ese eclipse de Sol que tiene lugar. No sucede una vez al año al segundo, sino que ocurre de una forma en que, si damos por sentado que la duración del día es constante, podemos calcular hacia atrás y decidir, exactamente, cuándo un eclipse tuvo lugar a lo largo de cierto recorrido de la superficie de la Tierra en, digamos, el año 585 a.C.

Si la duración del día no es constante, entonces el eclipse ocurrirá a una hora diferente, y el error acumulado, no en un siglo sino en veinticinco siglos, será lo suficientemente amplio como para ser detectado.

Puede argüirse que los pueblos antiguos tenían, únicamente, métodos muy primitivos para medir el tiempo, y que su concepto global de la medición del tiempo era diferente de la

nuestra. Por ello, sería arriesgado reducirlo todo a lo que cuentan respecto del momento de los eclipses.

No obstante, no es sólo el tiempo lo que cuenta. Un eclipse del Sol puede ser visto, únicamente, desde una pequeña zona de la Tierra, señalada por una línea tal vez de 160 km de longitud todo lo más. Si, por ejemplo, un eclipse tuvo lugar sólo una hora después del tiempo calculado, la Tierra giraría en ese intervalo 40°, el eclipse sería visto 1.200 km más lejos al Oeste de lo que nuestros cálculos habrían indicado.

Aunque no creamos por completo en lo que los pueblos antiguos pudieran decir acerca del momento de un eclipse, podemos estar seguros de que dieron noticia del *lugar* del eclipse, y que eso nos dirá lo que queremos saber. A través de sus informes, conocemos la cantidad de error acumulado y, a partir de ello, la proporción de retraso del día. Ésa es la forma en que sabemos que el día terrestre está aumentando a la proporción de un segundo cada 62.500 años; y decrece en esa proporción, si imaginamos el tiempo calculado hacia atrás y contemplando al pasado.

El determinar los errores acumulados es una forma de medir la proporción de retraso del día. Sería más interesante, no obstante, proceder de una forma más directa y medir la actual duración de un día antiguo, y mostrar así que tenía menos de veinticuatro horas.

¿Cómo hacerlo, de todos modos? En un cambio de 0,0016 de segundo por siglo (aumentando a medida que nos dirigimos hacia el futuro, decreciendo a medida que retrocedemos en el pasado), nos llevaría mucho tiempo encontrar un día con una diferencia en duración mostrada por una medición directa.

El día es ahora, exactamente, de veinticuatro horas de duración, u 86.400 segundos. En la época en que se construyó la Gran Pirámide, hace unos cuarenta y cinco siglos, el día duraba 86.399,93 segundos. No hay forma de saberlo por medio de una evidencia directa, es decir que los faraones estaban viviendo en unos días que eran 7/100 de segundo más cortos que los actuales. En lo que se refiere a la medición de los días de

los tiempos prehistóricos, ello quedaría, ciertamente, fuera de la cuestión.

Y, sin embargo, no es así. Puede hacerse. No son sólo los seres humanos los que guardan registros, sino que son, únicamente, los que lo hacen de una forma deliberada.

Los corales, aparentemente, crecen más de prisa en verano que en invierno. Sus esqueletos alternan regiones de crecimiento más rápido y más lento, y, por ello, muestran unas marcas anuales que pueden contarse. También crecen más de prisa por el día que por la noche, y forman menores marcas diarias que se sobreponen a las más grandes anuales. Naturalmente, forman unas 365 ondulaciones en un año.

Imaginemos ahora que retrocedemos en el tiempo, y estudiemos los corales de la forma en que lo hacemos. La duración del año seguiría incambiable a medida que retrocediésemos hacia el pasado. (Existen factores que originarían el cambio, pero los mismos son mucho más pequeños que las variaciones en la duración del día, de tal modo que no cometeremos ningún error serio si consideramos la duración del año como constante.) La duración de los días se iría haciendo cada vez menor, sin embargo, y habría, pues, días más cortos en el año. Eso significa que los corales deberían mostrar más marcas diarias sobrepuestas a la marca anual.

Dando por sentado un acortamiento del día de, por ejemplo, 0,0016 de segundo por siglo, a medida que retrocedemos en el tiempo, y dando por supuesto que esa proporción sea constante, el día debería tener 6.400 segundos (1,78 horas) menos hace 400 millones de años respecto de la duración actual. El día en ese período habría sido, pues, de 22,22 horas de duración, y en aquella época habría habido 394,5 de tales días en un año.

En 1963, el paleontólogo norteamericano John West Wells, de la Universidad de Cornell, estudió ciertos corales fósiles del Devónico medio, fósiles que se estimó que tenían unos 400 millones de años de antigüedad.

Dichos fósiles mostraban unas 400 marcas por año, lo cual indicaba que el día era de 21,9 horas de duración. Teniendo en

cuenta la natural incertidumbre en la edad de los fósiles, se trata de una estimación bastante aceptable.[21]

A continuación, divirtámonos un poco planteando otra pregunta. La Tierra llegó a su actual forma, más o menos, hace unos 4.600 millones de años. Teniendo esto en cuenta, a medida que retrocedemos en el pasado, el día se acorta en una proporción constante de 0,0016 de segundo cada siglo. En ese caso, ¿qué duración tenía el día cuando la Tierra se formó por vez primera?

Bajo las mencionadas condiciones, el día original era de 73.600 segundos (o 20,4 horas) más breve que en la actualidad. En otras palabras, el día original, cuando la Tierra estaba recién formada, tenía 3,6 horas de duración.

¿Verdad que esto suena absolutamente imposible?[22] En ese caso, compararemos la Tierra con Júpiter. Júpiter tiene 318 veces la masa de la Tierra, y esta masa es, en promedio, considerablemente más rápida en el eje de rotación, dado que Júpiter es un cuerpo mayor. Ambos factores contribuyen a una más importante inercia angular de rotación para Júpiter, unas 70.000 veces mayor que la de la Tierra.

Además, Júpiter tiene cuatro satélites, dos de los cuales, de forma clara, poseen una masa mayor que nuestra Luna. Cada uno de ellos ejerce un efecto de mareas sobre Júpiter, que se incrementa por el hecho de que el mayor diámetro de Júpiter produce una superior caída del empuje gravitatorio.

Haciendo unos rápidos cálculos, que tomen en consideración la masa y la distancia de los satélites mayores de Júpiter, así como el diámetro de Júpiter en comparación con el de la Tierra, opino que el efecto de las mareas de los cuatro satélites sobre Júpiter es unas 1.800 veces mayor que el de la Luna sobre la Tierra.

---

[21] Sin embargo, no eliminamos esa discrepancia. Ya seguiré con el tema en un capítulo próximo.

[22] Pues así es. Desde que esto se escribió, recibí una carta de Charles Sheffield, de Bethesda, Maryland, indicando la simplista naturaleza de mi cálculo. Un cálculo más sofisticado muestra que el período de rotación original de la Tierra hubiera estado por debajo de las trece horas.

Y, sin embargo, considerando la enorme inercia angular de Júpiter, opino también que el efecto retardador de los satélites sobre la rotación de Júpiter, y el consiguiente acortamiento de su día, es sólo una cuadragésima parte del efecto de retardo de la Luna sobre la Tierra.

Consiguientemente, en los 4.600 de millones de años transcurridos desde la formación del Sistema solar, el día de Júpiter se ha retardado sólo 30 minutos, o 0,5 horas. Dado que el día de Júpiter es ahora de 9,92 horas de duración, debió tener 9,42 horas en el momento de la formación del planeta.

Aun así, el día terrestre en la época de la formación fue sólo de 3,6 horas de duración, según mis cálculos, es decir, sólo dos quintos del día de Júpiter en el momento de su constitución. ¿Es esto razonable?

No olvidemos la diferencia de tamaño entre los planetas. La circunferencia de Júpiter es de 449.000 km, mientras que la de la Tierra es de 40.077. Si Júpiter giraba en 9,42 horas al principio, un objeto en su ecuador se movería a una velocidad de 13,25 km/s. Si la Tierra daba la vuelta en 3,6 horas en el inicio, un objeto en su ecuador se movería a una velocidad de 3,1 km/s.

Como ven, en términos de velocidad ecuatorial, la Tierra tendría un giro de menos de una cuarta parte respecto del Júpiter primitivo. En realidad, la Tierra primitiva giraría, por lo menos, a una cuarta parte con relación a Júpiter.

La Tierra no giraría tan rápidamente al principio, pues existía el peligro de que se hiciese pedazos. La velocidad de escape de la Tierra es de 11,3 km/s. La Tierra hubiera tenido que girar en, aproximadamente, una hora para que su velocidad ecuatorial alcanzase dicha velocidad de escape.

Así, pues, la Tierra nació girando muy de prisa, y se ha debido a la influencia de las mareas de la Luna el que ahora la duración de un día de nuestro viaje, de amanecer a amanecer, sea casi siete veces mayor respecto a la velocidad originaria.

Supongamos que consideramos a continuación la Luna. La velocidad para salirse de la Luna es de 2,4 km/s. ¿Cuán de prisa

tendría que girar la Luna a fin de que los objetos en su ecuador alcanzasen una velocidad de escape y saliesen volando?

La circunferencia de la Luna es de 10.920 km, y efectuaría una revolución completa en 1,26 horas antes de que comenzase a perder material en el ecuador. Supongamos, sólo para divertimos, que cuando se formó, hace 4.600 millones de años, giraba con un índice de rotación sólo un poco por encima de las 1,26 horas, lo suficiente para mantenerse unida.

Imaginemos asimismo que la Luna estuviese entonces ubicaba donde se encuentra ahora, y que se viese sujeta a la influencia de las mareas por parte de la Tierra.

La Tierra tiene ochenta y una veces la masa de la Luna, por lo que, a igualdad de las demás condiciones, poseería una fuerza productora de mareas ochenta y una veces superior. Sin embargo, la Luna es menor en tamaño que la Tierra, y por ello posee un impulso gravitacional más pequeño dada su menor anchura. Esto tiende a hacer negativas alguna de las ventajas de la masa de la Tierra. Incluso así, los efectos de mareas de la Tierra sobre la Luna, son 32,5 veces mayores que los de la Luna sobre la Tierra.

Además, el almacenamiento de inercia angular de la Luna (si girase en 1,26 horas), sería sólo una trigésimo tercera parte de la cantidad poseída por la Tierra en ese mismo instante. Por consiguiente, opino que la Luna se estaría retardando en una proporción 1.000 veces superior que la de la Tierra exactamente en este instante. Esto daría un retardo con un índice anual de 0,016 de segundo.

El actual período sideral de rotación de la Luna es de 27,32 días, o 2.360.450 segundos; y si la rotación primordial hubiese sido de 1,26 horas, esto daría un total de 4.536 segundos. Tomando desde el período posterior al más al más antiguo, con un índice de incremento de 0,016 de segundo anual (que es el que doy por sentado que se mantendría constante de un año a otro), se necesitarían 150 millones de años, es decir sólo una trigésima parte de la duración vital de la Luna.

En otras palabras, mientras transcurrió el tiempo geológico, el período de rotación de la Luna se ha retardado con rapidez hasta su valor presente.

¿Por qué su rotación continuó disminuyendo, para que ahora su período de rotación fuese mucho más extenso que el de 27,32 días?

Pues bien, la magia de los 27,32 días es que resulta exactamente igual a la duración del tiempo que emplea la Luna en girar en torno de la Tierra, y dado que la Luna rotase y girase en la misma duración de tiempo, en ese caso siempre presenta la misma cara a la Tierra, por lo que los abultamientos de la marea se hallan congelados en su lugar, con uno directamente enfrentando a la Tierra y el otro encarado en la dirección opuesta. La Luna ya no giraría a través de los abultamientos, y por lo tanto ya no habría un más prolongado efecto retardador de las mareas a causa de la acción de la Tierra sobre el mismo. Una vez alcanza un período de rotación igual a su período de revolución, queda «encallado» gravitacionalmente, y su período de rotación ya no cambia, excepto por otras causas que actúan con mayor lentitud.

Como pueden ver, el efecto gravitacional funciona para bloquear a cualquier cuerpo pequeño que gire en torno de otro cuerpo mayor, puesto que el cuerpo menor no es demasiado pequeño (cuanto menor sea el cuerpo, más pequeño el efecto de las mareas sobre el mismo), dado que no se encuentra lo suficientemente alejado del cuerpo mayor (los efectos de las mareas decrecen según el cubo de la distancia que los separa). En la actualidad, sabemos que los dos satélites de Marte están gravitacionalmente trabados, y que presentan sólo un lado hacia Marte, y estamos completamente seguros de que ello es también cierto respecto de los cinco satélites más cercanos a Júpiter.

Antaño se creía que Mercurio estaba, gravitacionalmente, trabado respecto del Sol, y que presentaba sólo una cara a su luminaria. Sin embargo, el efecto de las mareas sobre Mercurio es sólo, aproximadamente, una novena parte que el de la Luna y, al parecer, no es lo suficiente para cumplir dicha tarea (a

causa de la inusualmente órbita elíptica de Mercurio aumentan tal vez las dificultades). En cualquier caso, Mercurio gira en sólo las dos terceras partes del período de su revolución.

Esto es también una forma de trabamiento gravitacional y se consigue cierta estabilidad. La rotación equivale a las dos terceras partes de la revolución, y no es tan estable como la revolución, pero el efecto de las mareas del Sol, aparentemente, no es lo suficientemente grande para trabar a Mercurio desde su menor nivel de estabilidad a otro mayor.

Pero ahora quiero volver a la pregunta de cuál es la disminución de la inercia angular de rotación de la Tierra y de la Luna, cada una de las cuales retarda la rotación de la otra. Esta inercia angular debe de ser transferida... Pero, ¿adónde?

Este asunto será tratado en el capítulo siguiente.

IX. LA INCONSTANTE LUNA

Cuando yo tenía veinte años me enamoré por vez primera.

Constituyó el amor de más camaradería, débil e inofensivo que puedan imaginar, pero sólo tenía veinte años y estaba más bien atrasado para mi edad.[23]

De cualquier forma, llevé al objeto de mi adoración al parque de atracciones, donde había toda clase de atrevidos artefactos, y me detuve delante de la montaña rusa.

Nunca había viajado en una montaña rusa, pero sabía, con exactitud, de qué se trataba..., en teoría. Había escuchado los agudos gritos de las muchachas, que llenaban el aire mientras el vehículo se abalanzaba hacia abajo, y el modo en que cada joven se aferraba, con calculada proximidad, al acompañante masculino que iba junto a ella, también había sido observado por mí.

Se me ocurrió que si me montaba en una montaña rusa con la chica con la que estaba citado, la muchacha chillaría y se aferraría muy de cerca, y que esta sensación, estaba seguro de ello (aunque aún no la había experimentado), sería una de tipo placentero. Por lo tanto, sugerí las montañas rusas y mi acompañante femenina, con serena compostura, se mostró de acuerdo.

Mientras arrancábamos hacia la primera cumbre, recuerdo que especulé acerca de las posibilidades de besarla mientras se pegase a mí presa de impotente terror. Incluso traté de llevar a la práctica este vil plan mientras nos acercábamos al punto alto de la cuesta y comenzábamos a movemos hacia abajo.

Lo que me detuvo fue el agonizante descubrimiento de verme poseído por un virulento ataque (hasta entonces insospechado) de acrofobia, un miedo cerval a las alturas y a las caídas.

---

[23] No piense mal, Gentil Lector. Me he recuperado desde entonces.

Fui yo el que me agarré a la joven dama (que no pareció afectada ni por una ni por otra sensaciones, ya fuese la de caer o la de verse agarrada), y yo tampoco disfruté en absoluto de ninguna de ambas cosas. Lo que quise, con todas las fibras de mi ser, es que la damita se convirtiese en el suelo firme.

Sobreviví al viaje, pero la impresión de frialdad de macho que había estado tratando de cultivar quedó irrecuperablemente arruinada y, no cabe necesidad de decirlo, no conseguí a la muchacha. (Y, probablemente, no la habría conseguido de todas las maneras.)

Naturalmente, no deben hacer de esto algo peor de lo que fue. Es sólo mi propia caída a la que soy contrario y a considerarla una mala idea. No pierdo el sueño por las cosas que caen. Por ejemplo, nunca me he preocupado acerca de la caída de la Luna.[24]

En realidad, no obstante, la Luna no se cae. El hecho es que, incluso, sucede todo lo contrario, lo cual me lleva al tema del presente capítulo.

En el capítulo anterior he expuesto la manera en la que las mareas socavan la energía rotacional de la Tierra, originando que se retarde la rotación de la Tierra, y que el día aumente en duración, en la proporción de 1 segundo cada 62.500 años.

Expliqué que la Luna, con una energía de rotación menor que la Tierra, y sujeta a una influencia más intensa de las mareas terrestres de lo que estamos sujetos a la Luna con su masa menor, ve cómo se aumenta su día con un índice más rápido. El período de rotación de la Luna es de 27,32 días en la actualidad, un período que resulta exactamente igual a su período de revolución respecto de la Tierra (y con relación a las estrellas).

Con el período de su rotación igual al período de su revolución, la Luna presenta siempre la misma cara hacia la Tierra. Un abultamiento de mareas en la Luna siempre se enfrenta, directamente, hacia nosotros, y el otro abultamiento, también directamente, se aparta de nosotros. La Luna no gira a través de

[24] No es que no sea una mala cosa de la que preocuparse. Newton lo hizo y, dado que una cosa lleva a la otra, acabó sentando la teoría de la gravitación universal.

los abultamientos y la acción de las mareas cesa. Por lo tanto, su día ya no aumenta de igual modo que en el pasado. La Luna se halla aún sujeta a una *pequeña* influencia de las mareas por parte de la Tierra.

La órbita de la Luna es ligeramente elíptica. Esto significa que se encuentra más cercana a la Tierra, durante una mitad de su órbita, que durante la otra. Mientras la Luna está más cerca de la Tierra, avanza un poco más de prisa que la media; cuando está más alejada, se mueve un poco más despacio.

Por otra parte, su índice de rotación es, absolutamente, firme, sin tener en cuenta la distancia respecto de la Tierra.

Mientras la Luna se halla en la mitad más próxima de su órbita, su mayor velocidad orbital sobrepasa a su velocidad rotacional, y la superficie de la Luna (tan y como se ve desde la Tierra) parece derivar muy lentamente del Este al Oeste. En la mitad más alejada de su órbita, la menor velocidad orbital se encuentra por detrás de la velocidad de rotación, y la superficie de la Luna (una vez más tal y como es vista desde la Tierra) parece moverse muy despacio del Oeste hacia el Este.

Esta lenta oscilación de la superficie lunar, en primer lugar en una dirección, durante dos semanas, y luego en otra dirección durante dos semanas más, se llama «libración», de la palabra latina que significa «balanza». (La Luna parece balancearse, levemente, de atrás hacia delante, en torno de un punto de equilibrio, como lo efectúa la balanza cuando se coloca encima de uno u otro de los platillos un peso pequeño.)

A causa de la libración, el abultamiento de las mareas se mueve levemente y consume energía de rotación. Esto tiende a amortiguar la libración con lentitud y aparece una tendencia a que la Luna se trabe con mayor fijeza en su sitio. La única forma de que esto suceda en cuando la órbita de la Luna se convierte en menos elíptica y más exactamente circular. Si la órbita de la Luna fuese perfectamente circular, el índice de rotación y el de revolución se ajustarían con mayor exactitud y la libración concluiría.

El hecho de que la Luna no gire en el plano del ecuador de la Tierra, introduce un impulso descentrado del abultamiento

del ecuador de la Tierra, el cual, de nuevo, de origen a una influencia de mareas que puede ser contrarrestada por el más lento movimiento de la Luna sobre el plano ecuatorial.

Esta influencia secundaria de las mareas ya la he descrito como más débil que la que, gradualmente, retarda la rotación del mundo, por lo que, aunque ha existido el tiempo suficiente para en lentecer la rotación de la Luna sobre su período de revolución, no ha existido, sin embargo, tiempo suficiente para variar su órbita a otra circular en el plano ecuatorial.

No obstante, consideremos ahora los dos satélites de Marte. Dichos satélites fueron capturados, posiblemente en unos años tardíos en la historia de Marte, Originariamente, debieron encontrarse girando en torno de Marte en unas órbitas más bien elípticas y agudamente inclinadas. De todos modos, son cuerpos pequeños, con escasa energía de rotación, y la influencia de las mareas de Marte ha ejercido su acción sobre ellos. No sólo presentan eternamente una cara hacia Marte, sino que se mueven en unas órbitas circulares en el plano ecuatorial del planeta.

Pero, ¿no debería la rotación de la Tierra convertirse en gravitacionalmente trabada, llegado el caso, bajo la influencia de las mareas de la Luna?

Sabemos que el período de rotación de la Tierra se está retardando. Dado que la Luna tiene un efecto menor de mareas sobre la Tierra que el de la Tierra sobre la Luna, y puesto que la Tierra posee considerablemente más energía rotacional de la que la Luna ha poseído jamás, el índice de rotación de la Tierra disminuye a un paso mucho más gradual que el de la Luna.

De todos modos, algún día, digo *algún día,* ¿no se retardará el índice de rotación de la Tierra hasta el punto en que se iguale la revolución de la Luna respecto de la Tierra? ¿No se enfrentará siempre una cara de la Tierra hacia la Luna, del mismo modo que un lado de la Luna siempre se enfrenta hoya la Tierra? Cuando esto suceda, ¿el abultamiento de las mareas en la Tierra será también estacionario, y ni la Tierra ni la Luna se hallarán mutuamente sujetas a la influencia de las mareas, y no significará esto que ya no habrá más cambios?

Cuando ello ocurra, la Tierra podría (cabe esta suposición) tener un día que fuese de 27,3 días de duración, y la Tierra y la Luna girarían una respecto de otra al igual que unas pesas, unidas por una barra dotada de una influencia de mareas apenas perceptible.

Bien, no exactamente. Cuando la rotación de las pesas entre en acción, el período de rotación de la Tierra no será entonces de 27,32 días de duración.

Consideramos ahora por qué no será así.

Cuando la energía rotacional desaparece, no puede, *realmente*, desaparecer, gracias a la ley de conservación de la energía, pero puede (y lo hace así) cambiar su forma. Y se calienta. La pérdida de energía de rotación es tan lenta, que el calor formado no resulta significativo y sólo se añade, insensiblemente, al calor ganado al Sol (el cual debe de ser, y así ocurre, irradiado por la noche).

Mientras su rotación disminuye, la Tierra también pierde inercia angular rotacional, pero ésta no puede desaparecer, gracias a la ley de conservación de la inercia angular. La pérdida debe, en cierto modo, compensarse con una ganancia en otra parte.

La inercia angular, sin entrar en las matemáticas de la misma, depende de dos cosas: de la velocidad media de rotación en el eje de todas las partes del cuerpo que gira, y de la distancia media desde el eje hasta todas las partes del cuerpo rotacional. La inercia angular sube o baja a medida que la velocidad aumenta o disminuye, y también sube o baja a medida que la distancia se incrementa o disminuye.

En cuanto la inercia de rotación angular disminuye a causa de la pérdida de velocidad de rotación, merced a la acción de las mareas, esto llega a compensarse, y la ley de conservación de la inercia angular se mantiene, si aumenta la distancia media de todas las partes de la Tierra desde el eje de rotación. En otras palabras, todo marcharía bien si una Tierra retardada pudiese expansionarse de tamaño: Pero no puede... La Tierra no puede expansionarse contra la fuerza de su propia gravedad.

¿Dónde nos lleva todo esto?

Pues verán, la Tierra y la Luna giran una en torno de otra en una revolución mensual, por lo que existe una inercia angular de revolución, lo mismo que otra rotacional para cada cuerpo. Los dos cuerpos rodean el centro de gravedad del sistema Tierra-Luna.

La localización del centro de gravedad depende de algo que podemos denominar el principio del columpio. Si dos personas de igual masa se encuentran en los extremos opuestos de un columpio, dicho columpio se equilibraría si el fulcro estuviese debajo del centro exacto del tablón. Si una persona tuviese mayor masa que la otra, el fulcro estaría más cerca de la persona con una masa mayor. Para ser exactos, la masa de la persona *A* multiplicada por su distancia desde el fulcro, debe de ser igual a la masa de la persona *B* multiplicada por su distancia a partir del fulcro. Si la persona *A* posee diez veces más masa que la persona *B*, la persona *A* debería encontrarse alejada sólo una décima parte respecto del fulcro que la persona *B*.

Imaginemos a la Tierra y a la Luna en los bordes opuestos de un columpio, con el fulcro emplazado en el «centro de gravedad». La Tierra tiene 81,3 veces más masa que la Luna. Por lo tanto, la distancia desde el centro de la Tierra al centro de gravedad debe hallarse 1/81,3 veces tan separada como la distancia desde el centro de la Luna al centro de gravedad.

La distancia media del centro de la Tierra, desde el centro de la Luna, es de 484.404 km. Si tomamos un 1/81,3 de esto, obtenemos 4.728 kilómetros.

Ello significa que el centro de la Tierra se halla a 4.728 km del centro de gravedad, mientras que el centro de la Luna está, naturalmente, a 379.676 del mismo. Tanto la Luna como la Tierra giran alrededor de este centro de gravedad una vez cada 27,32 días, realizando la Luna un amplio círculo, y la Tierra otro mucho menor.

En realidad, el centro de gravedad, al ser sólo de 4.728 km desde el centro de la Tierra, está más cerca del centro de la Tierra de lo que está la superficie de la Tierra. El centro de gravedad del sistema Tierra-Luna está localizado a 1.650 km *por debajo* de la superficie de la Tierra.

Por lo tanto, cabe decir, sin mentir exageradamente, que la Luna gira en torno de la Tierra. Sin embargo, no gira en torno del centro de la Tierra.

Si la órbita de la Luna fuese un círculo exacto, el centro de la Tierra también describiría un círculo exacto, aunque fuese una con sólo 1/81,3 veces el diámetro. En la actualidad, la órbita de la Luna es levemente elíptica, lo cual significa que la distancia entre la Luna y la Tierra aumenta y disminuye levemente en el curso del mes. La posición del centro de gravedad se mueve, en consecuencia, ligeramente más lejos y más cerca del centro de la Tierra.

En su punto más alejado, el centro de gravedad del sistema Tierra-Luna está a 5.001 km del centro de la Tierra, y en su punto más cercano a 4.383 km del centro de la Tierra. Por ello, su posición varía desde 1.377 a 1.995 km por debajo de la superficie terrestre.

Por consiguiente, es del todo posible equilibrar la pérdida de la inercia angular rotacional gracias a una ganancia igual en la inercia angular de revolución. Esto ocurrirá si la distancia de la Tierra y la Luna aumentase respecto del centro de gravedad.

Se trata de otro modo de decir que, mientras la influencia de las mareas de la Luna retarda muy gradualmente la rotación de la Tierra, aumenta también muy gradualmente la distancia de la Luna respecto de nosotros. Por ello, como he dicho al principio de este ensayo, la Luna no está cayendo, sino alzándose.

Mientras la Luna se aleja de nosotros, su diámetro angular aparente disminuye. En un pasado alejado, estaba claramente más cerca y, por lo tanto, era mayor en aspecto. En un lejano futuro, se hallará de modo claro más lejos y, por ello, será menor en aspecto.

Esto significa que, en el futuro, los eclipses totales del Sol cesarán de ser visibles desde la superficie de la Tierra. En el momento presente, la Luna ya es, en cierto modo, más pequeña en diámetro aparente que el Sol, por lo que, incluso cuando la Luna se halla directamente enfrente del Sol, tiende a no cubrirlo por completo. Un ligero borde del Sol queda más allá de

la Luna a todo alrededor, y se forma un «eclipse anular». Esto es debido a que el diámetro angular medio del Sol es de 0,533° y el de la Luna de 0,518°.

Si la órbita de la Luna en torno de la Tierra fuese exactamente circular, y la órbita de la Tierra en torno de la Luna fuese también exactamente circular, ocurriría de este modo. Existirían sólo eclipses anulares, en el mejor de los casos, y nunca habría ningún eclipse total de Sol.

No obstante, la órbita de la Tierra es ligeramente elíptica, por lo que su distancia al Sol varía. Por ello, el Sol tiende a estar un poco más lejos que el promedio durante una mitad del año, y un poco más cerca que la media durante la otra mitad. Ya he mencionado que esto es cierto, respecto de la Luna, en su ciclo mensual.

El Sol es más pequeño en apariencia cuanto más lejos se encuentra, y su diámetro angular es entonces de 0,524°. La Luna es mayor en aspecto cuanto más cerca se halle, y su diámetro angular será entonces de 0,558°. Por ello, existe la posibilidad de un eclipse total de Sol, cuando el astro se halle más lejos (y sea más pequeño) que lo usual, y la Luna se encuentre más cerca (y sea más grande) que lo acostumbrado, o ambas cosas.

Pero, bajo la influencia de las mareas, la Luna retrocede, su diámetro aparente, a través de su órbita, decrece, y, si damos por supuesto que el Sol se mantiene en su actual distancia en el entretanto (como así ocurre), en dicho caso llegará el momento en que la Luna, incluso en su momento más cercano, poseerá un diámetro angular de menos de 0,524°. A partir de ese instante, no será visible en ningún momento un eclipse total desde la superficie de la Tierra.

La Luna deberá retroceder desde una aproximación máxima de 356.334 km, como en la actualidad, hasta otra de 379.455 km si debe aparecer, en su momento de mayor tamaño, no más grande que el Sol en su instante de menor apariencia. La Luna debe retroceder 23.121 km para que esto suceda.

¿Cuánto tardará la Luna en alejarse tanto?

En el momento actual, la Luna está apartándose de nosotros a un promedio de 3 cm por año, o, aproximadamente, 2,5 mm en cada revolución.

A este promedio, la Luna tardará unos 750 millones de años en retroceder hasta la distancia anterior. En la actualidad, aún debería tardar más, puesto que, mientras la Luna retrocede, su influencia de mareas se debilita y su índice de retroceso va retardando poco a poco. Sospecho que tardaría cerca de mil millones de años en efectuar dicha recesión.

De este modo, la situación no sería tan mala. El número de eclipses totales por siglo declinará con lentitud, el número de eclipses anulares aumentará también lentamente y la duración de los eclipses totales que se produzcan se acortará de forma gradual, pero pasarán mil millones de años antes de que cesen por completo los eclipses totales.

Y, de esta manera, sucediéndose las fuertes influencias de las mareas del pasado, tal como ocurrían hace 600 millones de años, en el momento en que los primeros trilobites evolucionaban, esos eclipses anulares resultaban imposibles. En cada ocasión, la Luna, ligeramente mayor en apariencia de lo que es ahora, pasaría en ángulo recto delante del Sol y el eclipse debería ser total.

Volvamos ahora a la retardada rotación de la Tierra.

A medida de que el promedio de rotación de la Tierra disminuye, la distancia de la Luna aumenta, y su tiempo de revolución alrededor de la Tierra también crece. (Además, las influencias de las mareas demostrarán que el período de rotación de la Luna retardará a medida que disminuya su período de revolución.)

De este modo, para cuando la Luna haya retrocedido hasta una distancia que haga imposible los eclipses totales, la Luna ya no tendrá una duración de 27,32 días en relación con las estrellas, sino de 29,98 días, y a medida que la Luna continúe retrocediendo, el mes se irá haciendo cada vez más largo.

Para cuando el período de rotación de la Tierra haya aumentado hasta 27,32 días —la duración del actual período de

revolución de la Luna—, el período de revolución será, sustancialmente, más amplio, y la rotación de la Tierra deberá continuar retardando antes de que se establezca la rotación de las pesas.

¿Es posible que la Tierra nunca llegue a atraparla? Sin importar lo lentamente que gire, ¿la Luna se retirará tanto que su período de revolución será cada vez más prolongado?

N o, la rotación de la Tierra la *atrapará*. Cuando la rotación de la Tierra haya disminuido hasta el punto en que el día sea igual a 47 de los días actuales, la Luna habrá retrocedido tanto que su período de revolución también será igual a 47 días actuales.

En dicho momento, la distancia de la Luna a la Tierra será, en promedio, de 551.620 km y su diámetro angular aparente será de unos 0,361°.

Así, pues, tendremos a la Tierra y a la Luna girando una alrededor de la otra al modo de unas pesas, y si no existiese una interferencia externa, continuaría de ese modo de forma indefinida,

Pero *sí* existen interferencias externas. Se trata del Sol.

El Sol ejerce un efecto de mareas sobre la Tierra, al igual que al Luna, pero de diferente extensión. El efecto de mareas sobre la Tierra, para cada uno de los cuerpos, varía de forma directamente proporcionada a la masa de los dos cuerpos, e inversamente al *cubo* de sus distancias respecto de la Tierra.

La masa del Sol es 27 millones de veces mayor que la de la Luna. Sin embargo, la distancia del Sol respecto de la Tierra es 389,17 veces la distancia de la Luna con relación a la Tierra, y el cubo de 389,17 es de unos 58.950.000. Si dividimos 27.000.000 entre 58.950.000, averiguaremos que el efecto de mareas del Sol sobre la Tierra es de sólo un 0,46 del que ejerce la Luna.

El efecto de mareas sobre la Tierra, de todos los otros cuerpos celestes distintos al Sol y a la Luna, resulta insignificante. Así, pues, podemos decir que el efecto de mareas total sobre la Tierra está, aproximadamente, compuesto en sus dos terceras partes por la acción de la Luna y la otra tercera parte por el Sol.

No obstante, una vez la Tierra y la Luna alcanzan su revolución tipo pesa, el efecto de mareas de la Luna, virtualmente, se desvanece. Eso deja sólo en el campo al efecto de mareas del Sol. Sin entrar en detalles, la influencia de mareas solares y lunares al unísono sobre la Tierra es tal que acelera la rotación de ambos cuerpos, y equilibra ese incremento en su inercia angular de rotación por medio de una disminución de la inercia angular de las revoluciones.

En otras palabras, la Luna comenzará a girar en espiral más cerca de la Tierra. *(Luego,* finalmente, está cayendo...) La Luna se acercará cada vez más a la Tierra y, aparentemente, no existe límite a cuánta puede llegar a ser esa proximidad, excepto que nunca acabará por estrellarse contra la Tierra.

A medida que la Luna se aproxima a la Tierra, el efecto de mareas de la Tierra sobre la Luna aumentará. Para el momento en que el centro de la Luna se aproxime a sólo 15.000 km del centro de la Tierra, y la superficie de la Luna se encuentra a sólo 7.400 km de la superficie de la Tierra, con la Luna girando en torno del planeta una vez cada 5,3 horas. Para entonces, el efecto de mareas terrestres sobre la cercana Luna será quince mil veces mayor que en la actualidad, o quinientas mil veces la intensidad del actual efecto de mareas de la Luna sobre nosotros.

En esas condiciones, la influencia de mareas de la Tierra comenzará a descomponer la Luna en cierto número de fracciones, Luego, colisionarán y se fragmentarán y, gradualmente, a través de los continuos efectos de mareas, se extenderán por toda la órbita de la Luna, formando un anillo plano y circular sobre el plano ecuatorial de la Tierra.

En resumen, la Tierra adquirirá un anillo, más pequeño que la actual extensión del de Saturno, pero mucho más denso en materia y en extremo más brillante, dado que los anillos de la Tierra se encontrarán mucho más cerca del Sol (a pesar del hecho de que los anillos de la Luna estarán formados por rocas oscuras en vez de por el hielo de los anillos de Saturno).

¿Habrá seres humanos presentes sobre la Tierra para observar esos bellos anillos? No, a menos que haga ya tiempo que

hayamos abandonado la Tierra y lo contemplemos todo a cierta distancia.

El efecto de mareas de la Luna sobre la Tierra en el momento de su propia destrucción serían quince veces mayores que en la actualidad. Esto no sería suficiente para romper la Tierra, puesto que no alcanzaría el efecto de mareas de la Tierra sobre la Luna, dado que la Tierra se hallaría unida por un más fuerte impulso gravitacional.

No obstante, el efecto de mareas de la Luna sería lo suficientemente fuerte para crear mareas de varios kilómetros de altura, con el efecto de que los océanos se desparramarían sobre los continentes de un extremo al otro.

Después de la rotura de la Luna, el efecto de mareas sobre nosotros, al proceder, como así sería entonces, desde todas direcciones, se borraría y desaparecería, seguramente, pero para ese momento, tras millones de años de enormes marejadas, el daño ya estaría hecho. Resulta difícil considerar cómo la vida terrestre, o tal vez cualquier clase de vida, podría sobrevivir en semejantes condiciones.

No obstante, este detalle es académico, dado que la Tierra habría cesado de ser habitable desde mucho antes de que la Luna iniciase de nuevo su aproximación a nosotros.

Regresemos a la rotación en pesa, con un día de la Tierra igual a 47 de los actuales.

Imaginémonos lo que sería tener al Sol brillante durante unas 560 horas, desde la salida hasta la puesta. Brilla durante más tiempo que eso en las regiones polares, naturalmente, pero el Sol se halla en dicho caso muy inclinado en el horizonte. Imaginémonos 560 horas entre la salida y la puesta de Sol en los trópicos, con el Sol en todo lo alto del firmamento. No existe duda de que, a media tarde, los océanos estarían a punto (o del todo) de hervir.

Esto sólo ya pondría en serias dudas la cuestión de la habitabilidad de la Tierra, sin tener que considerar las condiciones de las zonas antárticas, las cuales se hundirían en el transcurso de una noche de 560 horas de duración.

La alternativa de temperaturas entre un día prolongado y una noche también incrementada, sería muy difícil, si no imposible, el que la vida siguiese presente sobre el planeta.

Y, sin embargo, también este punto es académico, como descubriremos cuando calculemos el tiempo que tardaría la Luna en retroceder hasta una distancia en la cual su período de revolución sería de cuarenta y siete días. En aquel momento, habría retrocedido 167.200 km más allá de su distancia en este instante.

Si el actual índice de recesión de 3 cm al año continúa año tras año, pasarían unos 55.700 millones de años para que la Luna se alejara hasta un punto en que la Tierra y la Luna girasen una en tomo de otra a la manera de unas pesas.

No obstante, la recesión no continuará el presente promedio. A medida que la Luna retroceda, y su efecto de mareas sobre la Tierra disminuya, el índice de rotación de la Tierra irá también, poco a poco, disminuyendo, y el promedio de recesión de la Luna se retardaría igualmente. Mi suposición es que llevaría unos 70 mil millones de años el que se lograra la situación tipo pesas.

¿Y qué significa semejante período de tiempo, cuando en 7 mil millones de años (es decir, una décima parte del tiempo requerido para alcanzar la situación tipo pesa), el Sol se experimentará hasta convertirse en una gigante roja, y tanto la Tierra como la Luna quedarían destruidas físicamente?

En el transcurso de esos 7 mil millones de años, antes de que la Tierra se haga inhabitable por un Sol recalentado y en expansión, el período de rotación de la Tierra se retardará hasta el punto de que el día será de cincuenta y cinco horas de duración. De hecho, al permitir ese lento decrecimiento en intensidad del efecto de mareas de la Luna, sospecho que el día se convertirá en uno de cuarenta y ocho horas de duración, es decir, dos veces la actual duración.

Sería un ambiente más caliente durante el día y más frío durante la noche que en la actualidad, y la Tierra no sería un lugar tan placentero como lo es hoy; pero aún continuaría

siendo habitable, si eso fuera todo por lo que tuviésemos que preocupamos.

Pero existe el Sol, y dando por sentado que la Humanidad sobreviva durante 7 mil millones de años, será la expansión del Sollo que nos expulsará de nuestro planeta y no una rotación retardada.

LOS ELEMENTOS

X. UN METAL INÚTIL

Cuando la central de energía nuclear de la Isla de las Tres Millas empezó a funcionar mal, llegué a ciertas conclusiones y hallé, como a menudo ocurre, que iba desacompasado respecto del mundo.

El sentimiento predominante parecía ser: «¡Ajá! La Ciencia nos había dicho que eso no podía suceder, pero *ha sucedido*... Como muchas cosas de esos sabelotodo de los científicos... Ahora debemos acabar con la Era nuclear.»

Y, sin embargo, esto no fue lo que, realmente, sucedió. Los científicos jamás dicen que las cosas no pueden salir mal. Lo que dicen es que deben tomarse las suficientes medidas de seguridad para que las posibilidades de un año auténtico sean extraordinariamente pequeñas.

Lo que la gente contraria a la energía nuclear dice es algo parecido a esto: «¡Espera! Ocurrirá un accidente y centenares de miles de personas morirán al instante y otros millones contraerán el cáncer, y miles de kilómetros cuadrados del país quedarán estériles para siempre.»

¿De veras? Pues lo de la Isla de las Tres Millas ha quedado muy pobremente diseñado si debía empezar con todas estas cosas. Las personas encargadas del asunto, al parecer, pasaron por alto varias señales de advertencia y fueron innecesariamente descuidadas. Se produjeron algunos fallos mecánicos, seguidos de un error humano. Incluso hubo cierta insuficiencia teórica, puesto que se formó una burbuja de hidrógeno que no había sido prevista en modo alguno.

En otras palabras, fue, prácticamente, un accidente de la peor clase. ¿Y cuáles fueron las consecuencias?

La central eléctrica quedó fuera de servicio, y así seguirá durante un largo, muy largo período de tiempo, pero no resultó ninguna persona muerta, ni existen claras evidencias de que nadie haya sido lastimado, puesto que el escape radiactivo fue muy bajo. Es posible que se den un caso o dos adicionales de cáncer como resultado de todo ello, y, aunque no deseo minimizar, el número de casos de cáncer será muchísimo menor que el causado, en la misma zona, por fumar tabaco y debido a los escapes de los automóviles.

Así, pues, me parece a mí que el incidente de la Isla de las Tres Millas fue un caso en donde las predicciones de los científicos demostraron ser correctas, e incorrectas las de las personas contrarias a la energía nuclear. Y, sin embargo, el incidente fue, instantáneamente, etiquetado como una catástrofe por los medios de comunicación y los movimientos antinucleares. ¿Cómo lo habrían llamado, me pregunto, si hubiese resultado muerta una sola persona?

En cualquier caso, cuando el *Inquirer*, de Filadelfia, me pidió que escribiese un artículo en que declarase mi punto de vista sobre el asunto, redacté un artículo sardónico para el número del 15 de abril de 1979. Mi punto de vista en pro de la energía nuclear, se hallaba justo al lado del artículo de tipo antinuclear de George Wall.

Dos semanas después, me encontraba en Filadelfia, y una mujer joven me detuvo y me dijo, más bien con tristeza:

—Estaba *segura* que, de todas las personas, usted se encontraría del lado antinuclear. Es usted tan liberal...

Aquello me entristeció. Ciertamente soy liberal, pero eso no significa que, automáticamente, me sumerja en el punto de vista oficial de los liberales. Me gusta pensar por mí mismo, un prejuicio muy personal que arrastro desde hace muchísimo tiempo.

De todos modos, estas meditaciones sobre el mencionado tema continuaron presentes en mí, y sin eso nunca hubiera escrito un ensayo de ficción y ciencia ficción acerca del uranio. Aquí va.

Para empezar por el principio, digamos que existe un mineral llamado blenda, según una voz alemana que significa «cegar» o «engañar». (Muchos términos de mineralogía son de origen alemán, puesto que Alemania dominó el mundo de la metalurgia durante la Edad Media.)

La razón para el empleo de esa palabra radicaba en que la blenda parece, al igual que la galena, mena de plomo, pero no contiene plomo y, por lo tanto, engañaba a los mineros.

En la actualidad, la blenda es, en su mayor parte, sulfuro de cinc, y se ha convertido en una importante mena de cinc. Ahora, por lo general, se denomina esfalerita, de una palabra griega que significa «traicionera», lo cual aún sigue teniendo algo que ver con su aspecto engañoso.

Existen otras variedades de blenda, que difieren entre sí en apariencia, de una forma o de otra. Una de ellas se llama pechblenda, debido a su color negro reluciente como la brea.

La pechblenda se encuentra aleada con plata, plomo y cobre en las menas de Alemania y Checoslovaquia. Los primeros minelólogos la consideraron una mena de cinc y hierro.

Un lugar donde se da mucho la pechblenda es en las minas de plata de Sto Joachimstal, o valle de San Joaquín, en Checoslovaquia, a 120 kilómetros de Praga, muy cerca de la frontera alemana. (En la actualidad, los checos denominan Jachymov a ese lugar.)

Este sitio es de particular interés para los norte africanos, puesto que, hacia el año 1500, se acuñaron unas monedas que estaban hechas con plata de las minas de allí y que, por ello, se denominaron

«Joachimthaleres», o, abreviadamente, táleros. Otras monedas de tamaño y valor similares fueron también llamadas así y, llegado el momento, el nombre fue usado, en 1794, por los recién nacidos Estados Unidos para la unidad de su moneda, con la variante de «dólares». (San Joaquín, según se sabe, es, de acuerdo con la tradición, el padre de la Virgen María.)

Una persona que se interesó por la pechblenda fue el químico alemán Martin Heinrich Klaproth (1743-1817). En 1789,

consiguió una sustancia amarilla a partir de la pechblenda que, en seguida, decidió que se trataba del óxido de un nuevo metal.

En aquel tiempo, la tradición de asociar los metales y los planetas era aún muy fuerte. En un caso, el metal azogue se asoció estrechamente con el planeta Mercurio, y de ahí que, en varias lenguas, entre ellas la nuestra, recibiera el nombre del planeta como propio, y se denominase mercurio.

Ocho años antes, el astrónomo germano-británico William Herschel (1738-1822) había descubierto un nuevo planeta, al que había llamado Urano, por Uranos, dios de los cielos en los mitos griegos, y padre de

Cronos (Saturno). Klaproth decidió nombrar al nuevo metal según el nuevo planeta y lo denominó uranio.

Como se demostró, la pechblenda es una amplia mezcla de óxidos de uranio y, en la actualidad, recibe la denominación de uraninita.

Klaproth trató entonces de hacer reaccionar al amarillo óxido de uranio (en la actualidad, trióxido de uranio, UO_3) con carbón vegetal. Los átomos de carbono del carbón vegetal, según esperaba, se combinarían con el oxígeno en el trióxido de uranio, dejando después uranio metálico.

Consiguió un polvo negro con lustre metálico y dio por sentado que se trataba del uranio metálico. Lo mismo creyeron en aquel momento todos los demás. El carbono se había combinado con sólo un átomo de oxígeno por cada molécula, depositando el negruzco dióxido de uranio, UO_2.

En 1841, un químico francés, Eugène Peligot (1811-1890), se percató de que había algo raro en aquel «metal de uranio». Cuando llevó a cabo varias reacciones químicas, el uranio del principio y del final no se unían de una forma correcta. Al parecer, había contado con algunos átomos de nonuranio como uranio. Le entraron aún más sospechas de que aquello que consideraba como metal de uranio fuese, en realidad, un óxido y contuviese átomos de oxígeno añadidos al uranio.

Por lo tanto, decidió preparar metal de uranio según un procedimiento diferente. Comenzó con tetracloruro de uranio (UCl_4) y trató de romper los átomos de cloro con el empleo de

algún aditivo más activo que el carbón vegetal. Empleó potasio metálico, que no es una sustancia muy cómoda de manejar, pero el cauteloso Peligot llevó a cabo el experimento con el cuidado suficiente como para no sufrir daño alguno.

Los átomos de cloro fueron separados con éxito, todos ellos, y dejaron un polvo negro con unas propiedades por completo diferentes a las del polvo negro Klaproth. Esta vez, el polvo era el metal en sí. Peligot fue el primero en aislar el uranio, medio siglo después de que *se pensase* haberlo ya aislado.

Sin embargo, nadie se preocupó mucho al respecto, excepto unos cuantos químicos. En realidad, el uranio era un metal inútil y nadie, excepto aquel mismo puñado de químicos, había pensado en él o ni siquiera oído nada al respecto.

A principios del siglo XIX, llegó a ser algo aceptado que los varios elementos estaban compuestos de átomos, y que estos átomos tenían unas diferencias características en sus masas. Siguiendo los acontecimientos en varias reacciones químicas, era posible juzgar las masas relativas de las diferentes clases de átomos («Pesos atómicos»), pero también era posible cometer errores.

Al contar la masa del átomo de hidrógeno (el más ligero), como 1, el peso atómico del uranio se consideró, a mediados del siglo XIX, que era de 116.

Esto significaba que los átomos de uranio poseían bastante masa, pero ello tampoco era desacostumbrado. Se creía que los átomos de uranio poseían ligeramente más masa que los átomos de plata, pero un poco menos que los átomos de estaño.

Los átomos con mayor masa eran, en aquel tiempo, según se creía, los del bismuto, el peso atómico del cual era de 209. En otras palabras, se creía que el átomo de bismuto tenía 1,8 veces más masa que el átomo de uranio.

Sin embargo, en 1869, el químico ruso Dmitri Ivanovich Mendeleiev (1834-1917) estaba elaborando la tabla periódica. Disponía los elementos en el orden de su peso atómico, y en un sistema de hileras y columnas que los dividían en familias naturales, con todos los miembros de una familia dada mostrando propiedades similares.

En algunos casos, Mendeleiev llegó a un elemento que no se adecuaba con su clara disposición familiar. Más bien que dar por supuesto que su noción global se hallaba equivocada, se preguntó si los pesos atómicos estarían equivocados en esos casos. Por ejemplo, las propiedades del uranio no cuadraban si se situaba en la casilla del peso atómico 116. Pero sí se adecuaría si se doblaba su peso atómico.

Comenzando desde aquella nueva perspectiva, fue fácil volver a interpretar los hallazgos experimentales, y mostrar que tenía mayor sentido suponer que el peso atómico del uranio se hallaba en las vecindades de 240 (su cifra actual más correcta es la de 238,03).

Esto ocurría en 1871, y por primera vez el inútil metal de uranio ganaba una interesante distinción. Tenía mayor peso atómico que cualquier otro elemento conocido. Sus átomos poseían 1,14 veces mayor masa que los del bismuto.

Durante cerca de un siglo, hasta la actualidad, ha conservado esa distinción en cierto sentido. En realidad, existen átomos con mayor masa que los del uranio, pero todos ellos han sido producidos en el laboratorio y no sobreviven durante mucho tiempo, y mucho menos a través de períodos geológicos.

Podemos expresarlo de esta manera. De todos los átomos presentes en la corteza terrestre en el momento de su formación, los que tienen mayor masa y se encuentran aún hoy en la corteza de la Tierra, en algo más que en trazas que se desvanezcan, son los del uranio, y lo que es más, son los de mayor masa que *puedan* existir (aunque, naturalmente, esto no fue comprendido en 1871).

La posición del uranio al final de la lista de los elementos era interesante... para los químicos. Para el mundo en general, seguía siendo un metal sin valor y que no contaba para nada.

Las cosas siguieron así hasta 1896.

El año anterior, Wilhelm Konrad Roentgen (1845-1923) había descubierto los rayos X y, de repente, se había hecho famoso. Los rayos X se convirtieron en la cosa más de moda en la ciencia, y todos los científicos deseaban investigar el nuevo fenómeno.

Los rayos X de Roentgen habían surgido de un tubo de rayos catódicos, y los rayos catódicos (flujos de electrones a gran velocidad, como pronto se descubrió) producían unas manchas fluorescentes sobre el cristal, y era de esas manchas de donde se extraían los rayos X. Además, los rayos X se detectaban por el hecho de que inducían fluorescencia en ciertos productos químicos. Además, debería existir alguna conexión entre los rayos X y la fluorescencia en general.

(Digamos de paso que la fluorescencia tiene lugar cuando los átomos son excitados, en alguna forma, y llevados a un nivel mayor de energía.

Cuando los átomos regresan a la normalidad, la energía surge en forma de luz visible. En ocasiones, la caída a la normalidad se toma su tiempo, y la luz visible se emite cuando se elimina el fenómeno excitador. La luz se llama, en este caso, fosforescencia.)

Llegado el momento, un físico francés, Antoine Henri Becquerel (1852-1908), se interesó en particular por las sustancias fluorescentes, como ya había realizado antes que él su padre. Imaginó que las sustancias fluorescentes podían emitir rayos X junto con luz visible. Opinaba que sería de valor comprobar todo aquel asunto.

Para hacerlo, planeó emplear unas placas fotográficas, muy bien envueltas en unas coberturas negras. La luz no podía atravesar las coberturas, e incluso las exposiciones a la luz solar no conseguirían velar las placas. Colocó la sustancia fluorescente encima de la placa tapada; si la luz fluorescente era únicamente luz, la placa seguiría sin velar. Si, no obstante, la fluorescencia contenía rayos X, que poseían la propiedad de pasar a través de un razonable grosor de materia, también atravesaría aquella cobertura y velaría la placa fotográfica.

Becquerel intentó todo esto con cierto número de diferentes sustancias fluorescentes con resultados negativos; es decir, las placas fotográficas continuaron sin velarse. Una sustancia fluorescente, en la que el padre de Becquerel se había particular-

mente interesado, era el sulfato de uranilo de potasio, compuesta por moléculas complejas que contenían un átomo de uranio cada una.

De las sustancias fluorescentes empleadas por Becquerel, sólo ésta pareció dar un resultado positivo. Tras un tiempo de exposición al Sol, la placa fotográfica, al revelarse, mostró ciertas zonas veladas. El corazón de Becquerel empezó a latir más de prisa y sus esperanzas crecieron. No tuvo posibilidades de realizar demasiadas exposiciones porque era un día ampliamente cubierto por las nubes, pero, tan pronto como el tiempo aclarase, planeó llevar a cabo un trabajo mejor, proporcionar mayor tiempo de exposición y comprobar la materia más allá de toda duda.

Naturalmente, ya saben lo que sucedió. París padeció una larga temporada de tiempo húmedo y no salió el Sol. Becquerel había conseguido nuevas placas fotográficas, muy bien cubiertas, pero no tuvo la menor posibilidad de emplearlas. Las metió en un cajón, introdujo también allí el sulfato de uranilo de potasio y aguardó a que saliese el Sol.

A medida que los días pasaban y las nubes persistían, Becquerel llegó a intranquilizarse tanto, que decidió realizar algo. Podía revelar las nuevas placas y comprobar si existía alguna leve fosforescencia que incluyese los rayos X. Reveló las placas y quedó estupefacto. Se hallaban tremendamente veladas, casi como si las hubiese expuesto, del todo descubiertas, a la luz del Sol.

Lo que hubiera salido del sulfato de uranilo de potasio había atravesado el papel negro, sin necesitar de ninguna excitación previa por parte del Sol. En realidad, ni siquiera precisó de la fluorescencia, puesto que muestras de sulfato de uranilo de potasio, mantenidas lejos de la luz solar durante períodos prolongados, también velaban las placas. Y lo que es más, los compuestos de uranio que *no* eran fluorescentes velaban asimismo las placas. Y más aún, la extensión del velado dependía de la cantidad de uranio presente y no de cualquiera de los otros átomos.

Era el uranio, específicamente el uranio, el que daba origen a aquellas radiaciones parecidas a los rayos X.

Casi al mismo tiempo, una brillante química polaco-francesa, Marie Sklodowska Curie (1867-1934) había comenzado a estudiar el fenómeno, al que denominó «radiactividad». En otras palabras, el uranio era radiactivo. Curie descubrió que otro elemento, el torio, con unos átomos de casi igual masa que los del uranio (el peso atómico del torio es 232) era también radiactivo.

El hecho de la radiactividad constituyó algo clamoroso. Hasta entonces no se había detectado nada parecido. Las implicaciones fueron incluso más importantes que el hecho en sí.

Los átomos radiactivos emitían radiaciones que se parecían a los rayos X, pero eran incluso más penetrantes. Eran los «rayos gamma».

Pero los átomos radiactivos emitían también algo más, corrientes de partículas mucho más pequeñas que cualesquiera átomos. Ésta fue la prueba final de que algo estaba sucediendo tal y como se había sospechado: que los átomos no constituían las definitivas partículas de la materia, tal y como se había propuesto que fuesen, por vez primera, en 1803 (en realidad, de hecho, ya habían sido concebidas así por los antiguos griegos veintidós siglos antes). Los átomos estaban compuestos de «partículas subatómicas» aún más pequeñas.

Cuando un átomo de uranio, o de torio, emitían una partícula subatómica, cambiaba su estructura y hacía del átomo un nuevo elemento. A fin de cuentas, era posible trasmutar un elemento en otro, como los antiguos alquimistas habían creído, pero bajo condiciones diferentes a las que cualquiera de los alquimistas hubiera llegado a imaginar.

En realidad, el uranio y el torio se mudaban, espontáneamente, en plomo. (Los alquimistas habían tratado de transmutar el plomo en oro, pero aquí la nueva transmutación lo que hacía era el trabajo de *formar* plomo, por el amor de Dios...)

Sin embargo, el cambio ocurría de una forma muy lenta. La mitad de todo el uranio en existencia sobre la Tierra (la mitad de cualquier porción del mismo con el que debamos tratar) se

convertía en plomo al cabo de 4,5 mil millones de años. La mitad del que quedase, se convertiría en plomo tras otros 4,5 mil millones de años, etcétera. Para expresar esto, decimos que la vida media del uranio es de 4,5 mil millones de años.

En el caso del torio, la vida media es de 14 mil millones de años.

Por consiguiente, del uranio o del torio que debieron existir sobre la Tierra, cuando el planeta acababa de formarse, la mitad del uranio y las cuatro quintas partes del torio aún se hallan en existencia en la actualidad.

A través de las investigaciones referentes a la radiactividad, el físico nacido en Nueva Zelanda, Ernest Rutherford (1871-1937), fue capaz de demostrar, en 1906, que un átomo consistía en un pequeño y masivo núcleo en su centro, rodeado por uno o más electrones relativamente ligeros. El núcleo poseía una carga eléctrica positiva, y los electrones cargas eléctricas negativas. Las cargas se equilibraban, por lo que el átomo, como un todo, era eléctricamente neutro.

En 1913, el físico inglés Henry Gwyn-Jeffreys Moseley (1887-1915) demostró, a través de la radiación producida por el bombardeo de varios metales con rayos X, que cada elemento tenía una carga eléctrica positiva característica en su núcleo. Todos eran múltiplos enteros del de la carga en núcleo de hidrógeno. A esta característica se le denominó el «número atómico».

Se comprobó que el torio tenía un número atómico alto (90) y el uranio un número aún superior, que llegaba a 92. En realidad, el uranio tenía un número mayor que cualquier otro elemento que se encontrase de forma natural en la Tierra.

Esto parecía tener sentido. Las cargas eléctricas positivas se repelían las unas a las otras, y se amontonaban las suficientes en un solo núcleo que originaba que el núcleo se partiese, a causa de la mutua repulsión de las cargas. El torio y el uranio apenas podían mantener juntos sus núcleos y se descomponían con lentitud. Cualquier elemento con un número atómico mayor de 92 se descompondría aún con mayor rapidez. Si uno de

ellos hubiese estado presente en el momento de formarse la Tierra, ya no existiría en la actualidad.

De hecho, ciertos elementos con números atómicos menores de 90 y 92 deberían tener la suficiente vida breve para existir. En la época en que se descubrió la radiactividad del uranio, el elemento de mayor número atómico conocido, aparte del uranio y el torio, era el bismuto, y, como llegado el momento se averiguaría, su número atómico era 83.

¿Podía ser que ningún elemento, con un número atómico mayor de 83 fuese estable, y que de aquellos por debajo de los elementos del bismuto, sólo el torio y el uranio estuviesen lo relativamente cerca de la estabilidad como para haber atravesado toda la historia de la vida de la Tierra?

La respuesta fue afirmativa.

Debió entonces pensarse que el uranio, a partir de 1896, se convertiría en el elemento de moda de la lista, compartiendo los focos un poco con el torio. A fin de cuentas, era radiactivo, y bajo trasmutación espontánea, el más complejo de todos los átomos y tenía registrado un elevado número atómico. ¿Qué más se podía pedir?

Y, sin embargo, el uranio, al cabo de muy poco tiempo de estar bajo la luz de las candilejas, se hundió en un olvido comparativo una vez más.

Sucedió de esta manera...

Dado que el uranio poseía semejante vida media, muy pocos átomos se rompían en cualquier momento particular, y la cantidad de radiactividad producida era muy baja. No obstante, cuando se comprobaron los minerales de uranio en relación con la radiactividad, se descubrió que la radiactividad detectada era mucho más elevada que la que podía contarse por el uranio que se hallaba presente.

Y lo que es más, si los compuestos de uranio se separaban de los minerales y se refinaban hasta un grado elevado de pureza, la radiactividad de esos compuestos de uranio se comprobaba que era baja, tan baja como en realidad podía ser.

Eso significaba que en los minerales de uranio se hallaban presentes sustancias que eran más radiactivas que el mismo

uranio, incluso mucho más radiactivas. Pero, ¿cómo podía ser esto? Si dichas sustancias eran tan radiactivas, debieran descomponerse hacía ya mucho tiempo, y tendrían hoy que haber desaparecido por completo. ¿Qué hacían, pues, en los minerales?

Y aún más. Se averiguó que los compuestos de uranio puro, recientemente aislados de los minerales y apenas radiactivos en realidad, avanzaban con firmeza hacia la radiactividad a medida que transcurría el tiempo.

Lo que sucedía era que el uranio (de número atómico 92) no se estaba convirtiendo en plomo (número atómico 82) de una sola arremetida. En vez de ello, el uranio se convertía el plomo a través de una serie de pasos, por medio de una serie completa de elementos de unos pesos atómicos intermedios. Y eran esos elementos intermedios los que resultaban más radiactivos que el uranio y que *podrían* romperse y desvanecerse si no se formaban, continuamente, suplementos de refresco desde la ulterior ruptura del uranio.

Naturalmente, si un elemento se forma muy despacio y se descompone muy rápidamente, existe muy poco de su estado presente en cualquier tiempo. Bajo circunstancias ordinarias, existirá demasiado poco en su estado actual para ser detectable o aislable.

Las circunstancias no eran ordinarias. Los elementos intermedios emitían una radiación que hacía posible el detectar hasta cantidades infrapequeñas.

Curie y su marido, Pierre (1859-1906), se propusieron aislar alguno de esos elementos radiactivos intermedios. Sometieron la pechblenda a reacciones químicas que separasen los diferentes elementos presentes, y siguieron siempre la huella de la radiactividad remanente. Cuando la reacción conseguía producir una solución o un precipitado, en el que la radiación activa pareciese concentrarse, seguían trabajando con esa solución o con ese precipitado.

Paso a paso, elaboraron su material, hasta conseguir cantidades cada vez más y más pequeñas, de una materia que cada vez era más y más radiactiva. En julio de 1898, aislaron unos

pellizcos de polvo que contenían un nuevo elemento, centenares de veces más radiactivo que el uranio. Le llamaron polonio, por la patria de nacimiento de Curie, y su número atómico es el 84.

Siguiendo con sus tareas, detectaron, en diciembre de 1898, una sustancia aún más radiactiva, con un número atómico que, llegado el momento, demostró que era de 88. Lo llamaron radio, a causa de la abrumadora fuerza de su radiactividad. Su vida media es de 1.622 años y es tres millones de veces más radiactivo que el uranio y 8,7 veces más radiactivo que el torio.

Los Curie tenían una cantidad tan pequeña de radio, para empezar, que sólo detectaron su presencia a través de las radiaciones. En teoría, esto era suficiente, pero deseaban conseguir una cantidad que pudiesen pesar y exhibir de una forma normal, para llegar a establecer la existencia de un nuevo elemento.

Para eso, debían comenzar con toneladas de desperdicios de escoria de las minas de St. Joachimstal. Los propietarios de la misma quedaron encantados de entregar a aquellos dos químicos locos todo lo que deseasen, puesto que los mencionados químicos pagaban los costes del transporte. Los Curie consiguieron ocho toneladas.

Hacia 1902, habían logrado producir una décima de gramo de radio, después de varios millares de pasos de purificación, hasta alcanzar más tarde un gramo completo.

El radio se llevó el número uno del espectáculo. Durante cuarenta años, cuando alguien mencionaba la radiactividad, se pensaba en el radio. Era la sustancia maravillosa por excelencia, y la gente o las instituciones que podían conseguir una pequeña cantidad en que experimentar, se sentían de lo más satisfechos consigo mismos.

En cuanto al uranio, una vez más volvió a desaparecer de la luz de las candilejas. Sólo era el pariente pobre interesante (si acaso) debido al valor de su famosa hija.

¿Y quién oye hablar hoy del radio? ¿Quién se preocupa por él? Carece completamente de interés y es el uranio el que constituye la maravilla del mundo.

El patito feo se ha convertido en un buitre. Lo explicaré en el capítulo siguiente.

XI. ¡NEUTRALIDAD!

El escritor de ciencia ficción Lester del Rey, igual que yo mismo, miembro de un pequeño grupo llamado «Las arañas de la trampa». Una vez al mes celebramos una cena, y la rutina acostumbrada es que he de encontrar un taxi cerca de mi casa, ordenar al taxista que me lleve a casa de Lester, recogerlo y luego dirigirnos a la cena.

Por lo general, Lester me aguarda delante de la puerta de su vivienda de apartamentos. Aquella vez, sin embargo, era un poco temprano y aún no había bajado.

Aquello no me preocupó. Me limité a pedir al portero:

—Señor, haga el favor de llamar a Lester del Rey y dígale que su taxi aguarda.

En esto, el taxista, que hasta entonces se había confinado a alguna ocasional salida de tono, se incorporó del todo excitado y gritó:

—¿Lester del Rey? ¿Conoce a Lester del Rey?

—Es amigo mío —respondí con tranquilo orgullo.

—Me quedo a verle todo el rato en algunos *shows* de últimas horas de la noche —me explicó el taxista sin poder disimular su veneración.

(Lester había sido un invitado frecuente en esas emisiones, puesto que existen pocas personas que parezcan reflejar semejante autoridad sobre tan vasto número de temas, y existen aún me nos que vacilen tan poco al hacerlo.)

—¡Vaya, aquí está! —exclamé.

Mientras Lester se aproximaba al taxi, el taxista me dijo malhumorado:

—Trasládese al otro lado del asiento; deseo poder hablar con Mr. del Rey.

Me mudé. Lester ocupó su asiento. El conductor comenzó a lisonjearle y Lester lo aceptó todo con una visible expansión

de su diámetro cefálico. Hablaron animadamente durante todo el viaje, y Lester ni siquiera se molestó en presentarme.

Ni tampoco yo me presenté a mí mismo. No se trataba de ningún ataque repentino de timidez o de modestia, ya lo comprenderán. Era, simplemente, que, al ver los programas de altas horas de la noche, y estaba casi seguro de que el taxista nunca había oído hablar de mí. Tampoco deseaba contribuir ulteriormente a la hinchazón craneal de Lester al demostrar este hecho.

Además, pensé, no es siempre el momento de la fama el que cuenta.

Considerad al radio...

En el capítulo precedente, como recordarán, había llegado al punto en el que el radio se había convertido en una superestrella en medio de los elementos, con el uranio no olvidado del todo, pero sólo recordado como su gris progenitor. Naturalmente, estas condiciones no permanecieron siempre así.

El descubrimiento de la radiactividad y de los flujos de las partículas sub atómicas fue sustituido por el de los elementos radiactivos, y condujo a una comprensión de toda la estructura del átomo.

A través de la obra del neocelandés Ernest Rutherford (1871-1937), quedó claro, en 1931, que casi toda la masa del átomo se concentraba en un núcleo en el centro. El núcleo era sólo de un diámetro 1/100.000 del mismo átomo. Lo que constituía el más vasto cuerpo del átomo lo formaba una nube de electrones de baja masa.

La naturaleza del átomo podía verse alterada si el núcleo era alcanzado con la suficiente energía como para alterar *su* estructura. Esto no resultaba fácil, no obstante, en circunstancias ordinarias. A las temperaturas de cada día, los átomos poseían bastante energía, pero mucho menor de la requerida para irrumpir a través de las barreras electrónicas y permitir que un núcleo alcanzase a otro.

Sin embargo, los átomos radiactivos emitían partículas subatómicas no mayores que los electrones o los núcleos en tamaño, y que podían deslizarse a través de la barrera de elec-

trones e ir a parar a las profundidades del átomo. Esto es especialmente cierto con relación a las «partículas alfa», que son tan masivas como los átomos de helio (incluso, como llegado el caso se evidenció, se trataba de núcleos desnudos de helio). Si la partícula alfa daba la casualidad que se apuntaba correctamente, llegaría a penetrar en un átomo y alcanzar su núcleo. Al hacerlo así, volvería a recomponer la estructura nuclear y cambiaría su identidad. Esto constituiría una «reacción nuclear».

La primera reacción nuclear deliberada, e inducida de esta manera, tuvo lugar en 1919. Fue llevaba a cabo por Rutherford, quien consiguió transformar átomos de nitrógeno en átomos de oxígeno.

Rutherford procedió a bombardear átomos de muy diferentes variedades con partículas alfa, a fin de inducir ulteriores reacciones nucleares y, en el proceso, aprender más cerca de la estructura nuclear y de las propiedades fundamentales de la materia.

No obstante, existía una trampa. Las partículas alfa estaban cargadas de electricidad positiva y lo mismo les pasaba a los núcleos atómicos.

Cargas eléctricas similares se repelen mutuamente por lo que, mientras una partícula alfa se aproxima a un núcleo, la partícula era repelida, perdía velocidad y energía y se convertía en menos capaz de inducir una reacción nuclear.

Cuanta mayor masa poseía el núcleo atómico, mayor era su carga positiva y mayor aún su efecto repelente. Para núcleos con mayor masa que el potasio (con un núcleo que lleva una carga de +19), ninguna partícula alfa que se encuentre en la Naturaleza posee la suficiente energía para llegar a chocar contra su núcleo, y mucho menos volverlo a reagrupar.

Una alternativa la constituía emplear protones como proyectiles subatómicos. Pero, dado que los protones son núcleos de hidrógeno, no resultan sencillos de obtener. Poseen una carga eléctrica de +1, sólo la mitad de la partícula alfa, por lo

que los protones son repelidos con menor intensidad y, a igualdad de todas las demás cosas, alcanzaban con mayor facilidad un núcleo.

No obstante, todas las cosas no eran iguales. Un protón posee sólo una cuarta parte de la masa de una partícula alfa y correspondientemente, puede perturbar menos al núcleo.

Pero entonces, y empezando en 1929, se desarrollaron mecanismos que aceleraban las partículas cargadas, particularmente, de protones, y les dotaban de mucha mayor energía de la que poseían de una forma natural en conexión con átomos radiactivos. El instrumento que tuvo mayor éxito al respecto fue el ciclotrón, inventado por el físico norteamericano Ernest Orlando Lawrence (1901-1958), en 1931. A partir esto, el arte de llevar a cabo reacciones nucleares por bombardeo con partículas subatómicas se aceleró al máximo.

Quedaba claro que estas reacciones nucleares producían mucha más energía por masa de materiales en reacción, que como lo hacían las reacciones puramente químicas. (Las reacciones químicas implican sólo a la nube exterior de electrones del átomo.) Sin embargo, parecía improbable que dicha energía nuclear pudiese ser utilizada por los seres humanos. Desgraciadamente, los núcleos atómicos eran tan increíblemente pequeños, y formaban una porción tan diminuta del volumen atómico, que la mayor parte de las partículas subatómicas, disparadas al azar (como en realidad ocurría), fallaban en dar en el núcleo. Esto significaba que la energía consumida al acelerar las partículas, era mayor que la energía nuclear producida por el desvanecimiento, pequeño porcentaje de dichas partículas que conseguían blancos en el núcleo.

Pero la Ciencia nunca permanece inmóvil. En 1930, se consiguieron pruebas respecto de que, cuando los átomos de berilio se exponían a los rayos alfa surgía algo —llamado N— que podía inducir reacciones nucleares. Era como si N fuese un flujo de partículas subatómicas.

El problema era, no obstante, que todos los mecanismos que habían servido para detectar partículas subatómicas no percibían nada de todo esto en el caso de N.

Esto no podía constituir un misterio. Lo que los mecanismos detectaban, de la forma en que reaccionaban ante la presencia de partículas sub atómicas, no eran las partículas en sí, sino la carga eléctrica que existía en las partículas.

En 1932, el físico inglés James Chadwick (1891-1974) señaló que el N podía explicarse con facilidad, si se suponía que consistía en un flujo de partículas que poseían tanta masa como los protones, aunque careciesen de cualquier tipo de carga eléctrica. Eran, eléctricamente, nuestros y, por lo tanto, podían denominarse neutrones.

Si Chadwick tenía razón, ello constituiría el primer caso de neutralidad al nivel de las sustancias, pero los físicos se apropiaron ansiosamente de aquella explicación. No sólo explicaban el N muy nítida y elegantemente, sino que también suministraban una partícula que ya había sido sugerida, como la única forma de contar respecto de ciertas propiedades nucleares, que hasta entonces habían intrigado a los físicos.

Quedó muy claro casi al instante que los núcleos atómicos (todos excepto el isótopo más simple del hidrógeno, que era un simple protón) estaban hechos de combinaciones de protones y neutrones, y que era a causa de la mudable naturaleza de la combinación, por medio del bombardeo con partículas subatómicas, como podían llevarse a cabo las reacciones nucleares.

Una vez los neutrones fueron reconocidos, y los métodos necesarios para producirlos se descubrieron, se comprendió con rapidez que ofrecían un nuevo y particularmente excitante instrumento de bombardeo.

Dado que los neutrones carecían de carga, no eran repelidos por los núcleos atómicos cargados positivamente. Si ocurría que se apuntaban correctamente, no habría ninguna fuerza repulsora que los apartase y rechazase. Los neutrones avanzaban, inmisericordemente, y alcanzaban los núcleos.

El porcentaje de blancos aumentó, pues, de una forma considerable, si se empleaban neutrones en vez de protones o partículas alfa. Sin embargo, incluso así, el porcentaje seguía siendo extremadamente bajo, y las posibilidades de extraer más

energía de la que se estaba empleando, seguían pareciendo aún constituir el problema.

Lo desfavorable de la situación radicaba en que no había ninguna manera apropiada de acelerar los neutrones. Las partículas subatómicas cargadas eléctricamente, eran aceleradas a través de un campo electromagnético apropiadamente manipulado. El campo actuaba sobre la carga eléctrica, que servía como «manija» para la partícula. El neutrón sin carga no tenía manija, por lo que, si era emitido desde los núcleos con cierta cantidad de energía, ésa era toda la energía que se podía obtener. Resultaba imposible conseguir más.

Dado que, al parecer, cuanta menor energía poseía una partícula sub atómica, menos efectivo sería inducir una reacción nuclear, la ventaja de la neutralidad del neutrón se equilibraba, y tal vez más que equilibraba, es decir, presentaba desventajas.

Naturalmente, los neutrones producidos eran capaces de inducir reacciones nucleares. Esto quedó demostrado, en 1932, el auténtico año del descubrimiento de los electrones por, entre otros, el químico norteamericano William Draper Harkins (1873-1951). Se emplearon en esos casos unos neutrones con la suficiente energía.

Sin embargo, en 1934, el físico italiano Enrico Fermi (1901-1954) descubrió que los neutrones perdían energía si eran pasados a través de materiales fabricados con átomos ligeros, como el agua y la parafina.

Lo que sucedió fue esto. Si un neutrón alcanza a un átomo masivo, el neutrón debe ser absorbido e inducir una reacción nuclear; pero podía también, simplemente, rebotar. El átomo masivo lo era tanto, que apenas se movía bajo el impacto, y el neutrón rebotaba a su velocidad original de aproximación, como una pelota que choca y vuelve desde una pared. De esta forma, el neutrón mantenía toda su energía.

Sin embargo, si un neutrón alcanza un núcleo relativamente ligero y rebota, el núcleo ligero retrocede un poco y pierde parte de la inercia, de modo que el neutrón rebota con menos velocidad y energía de aquella con la que se había aproximado. Tras varios rebotes de esta clase, el neutrón acaba por no tener

más energía que la que los átomos ordinarios poseerían a aquella temperatura. Incluso se mueve con gran lentitud para una partícula subatómica, por lo que hay que referirse a él como «neutrón lento».

Cabía suponer que esos neutrones lentos, al no poseer, virtualmente, energía, serían inútiles en lo que se refería a inducir reacciones nucleares, pero *no* era así.

Fermi realizó el crucial descubrimiento de que los neutrones lentos eran *más* efectivos en inducir reacciones nucleares que los neutrones más rápidos. Lo que sucedía era esto.[25] Aunque la repulsión (o atracción) no es un factor en el caso de los neutrones sin carga, existen ciertas fuerzas nucleares que *atraen* a un neutrón si se acerca lo suficiente a un núcleo, y lo haría con mucha mayor fuerza que si se tratase de una carga eléctrica.

De todos modos, puesto que una carga eléctrica puede dejarse sentir a considerable distancia, la atracción nuclear decae con tanta rapidez con la distancia, que se hará sólo sentir en la inmediata vecindad de un núcleo. Dado que un neutrón lento puede permanecer cerca de un núcleo durante más tiempo que uno rápido, el neutrón lento tendría mayores posibilidades de ser absorbido en el núcleo e inducir una reacción nuclear.

Fermi comenzó a emplear neutrones lentos para bombardear, y descubrió que, en muchos casos, había ocurrido que el neutrón era absorbido y añadido al núcleo. En núcleo resultante, con el neutrón extra, era, por lo general, radiactivo y conseguía estabilidad al donar un electrón. Este proceso cambiaba el neutrón es un protón, por lo que el núcleo final poseía un protón más que el original.

La naturaleza química de un átomo depende del número de protones en su núcleo (su «número atómico»), por lo que el bombardeo de neutrones, con frecuencia, cambia un átomo de un elemento particular con un número atómico en concreto, en

---

[25] La explicación derivó de los trabajos del físico japonés Hideki Yukawa (n. 1907), en el año 1935.

un átomo de otro elemento que está más alto en la escala del número atómico.

Por ejemplo, si el cadmio (número atómico 48) se bombardea con neutrones, se forma el indio (número atómico 49).

Fermi pensó al instante en el uranio, el elemento con mayor número atómico conocido (92). ¿Qué sucedería si el uranio era bombardeado con neutrones lentos?[26]

Si le sucedía al uranio lo mismo que ya le había ocurrido a los demás elementos, se formaría un producto con un número atómico más elevado, y Fermi habría producido el elemento 93. Pero el elemento 93 no se presenta en la Naturaleza, como ya se sabía, por lo que Fermi debía de este modo dar origen a un nuevo elemento fabricado por el hombre, y que sería algo tan sensacional como descubrir un nuevo planeta.

En 1934, Fermi comenzó a bombardear uranio con neutrones lentos y, al cabo de cierto tiempo, decidió que podía llegar a triunfar al producir átomos del elemento 93. Pero no estaba seguro de esto. Los resultados no fueron muy claros y había evidencias de radiación que no podían explicarse. Por esta razón, Fermi se reservó el anunciar aquello, pero el dictador fascista italiano, Benito Mussolini, ansioso de conseguir una proeza dramática para Italia, forzó una prematura revelación.

Sin embargo, no resultó en verdad prematura. En 1940, después de que se hubiesen aclarado algunos aspectos confusos de la reacción nuclear, dos físicos norteamericanos, Edwin Mattison McMillan (n. 1907) y Philip Hauge Abelson (n. 1913), mostraron que el elemento 93 ya se había formado. Incluso, después de que se hubiese añadido un neutrón al uranio, y el neutrón se hubiese mudado en un protón, un segundo neutrón llegaba a cambiarse en un protón para formar el elemento 94.

Dado que el uranio había recibido su nombre según el planeta Urano, los siguientes dos elementos fueron denominados según los planetas Neptuno y Plutón, los planetas que se encontraban más allá de Urano. El elemento 93 se convirtió en el neptunio y el elemento 94 fue el plutonio.

[26] ¿Creían que no volvería al uranio?

A todo esto, Fermi no estaba pensando en utilizar la energía nuclear. Incluso los neutrones lentos no alcanzaban lo suficientemente a menudo el núcleo como para conseguir un adecuado retorno de energía, no la suficiente.

Sin embargo, alguien *sí* estaba pensando en la energía nuclear. Se trataba de Leo Szilard, un físico húngaro (1898-1964). Había estado enseñando en Alemania, pero, dado que era judío, y como parecía probable que Hitler llegase al poder, Szilard fue lo suficiente prudente como para emigrar a Gran Bretaña.

Szilard había estado pensando en la energía nuclear, a causa de uno de los relatos de H. G. Wells, en el que aparecían las «bombas atómicas». A Szilard se le ocurrió que si un núcleo absorbía un neutrón, y sufría una reacción nuclear que liberase dos neutrones, cada uno de ellos podría inducir una similar reacción nuclear que liberaría un total de cuatro neutrones, los cuales, a su vez...

En otras palabras, la inversión inicial de un neutrón desencadenaría una «reacción en cadena», que originaría una vasta cantidad de energía. Las reacciones en cadena eran muy bien conocidas en la química ordinaria: cada vez que una pequeña chispa provoca un incendio forestal o una explosión de dinamita, nos encontramos ante un enorme ejemplo de reacción química en cadena. Así, pues, ¿por qué no una reacción nuclear en cadena?

Szilard pensó que semejante reacción nuclear en cadena podría tener lugar si el elemento berilio era bombardeado con neutrones. Creo que incluso consiguió una patente por un mecanismo que usaba de esta supuesta reacción nuclear y la cedió al Gobierno inglés. Desgraciadamente, las cifras asignadas al núcleo de berilio no eran del todo exactas y, cuando se corrigieron, la posibilidad de una reacción en cadena nuclear, que implicase al berilio, llegaron a desaparecer.

Entonces, Szilard pensó que lo más apropiado que cabía hacer era bombardear cada elemento con neutrones, con la intención de conseguir el resultado de algún caso específico que condujese (con las modificaciones que fuesen necesarias) a una reacción en cadena nuclear, y para esto, necesitaba dinero.

Se puso en contacto con el bioquímico ruso-británico Chaim Weizmann (1874-1952), que era también judío, y quedó impresionado ante la importancia de la idea. Weizmann empezó a recolectar unas cuantas decenas de millares de dólares, pero fracasó. Nadie se interesó lo suficiente como para invertir en ello.

Más tarde, Szilard decidió que se había tratado de un fracaso afortunado. Él y Weizmann eran muy conscientes del peligro del nazismo, como les ocurría a muchos otros judíos. Consideraron que el primer y más fácil (y casi inevitable) empleo de la energía nuclear sería el tipo de bomba de la que H. G. Wells hablaba, y sabían que los nazis no debían ser los primeros.

Si Szilard y Weizmann hubiesen empezado a trabajar en ello a mediados de los años 1930, y se hubiese dado publicidad al asunto (como seguramente así habría sido), las potencias occidentales, ansiosas de conseguir la paz y que anhelaban no enojar a los nazis, nunca la habrían apoyado. Sin embargo, los nazis, que planeaban la guerra, podían muy bien haber empezado a gran escala un esfuerzo que les hubiera permitido conseguir los primeros la bomba.

Resultaba claro que Szilard sólo hubiera podido asegurarse el apoyo occidental, en el caso de que la guerra con Alemania fuese inminente, o ya hubiese comenzado. Pero me estoy adelantando al curso de la Historia.

El anuncio de Fermi del elemento 93 fue llevado a cabo con muy ligera convicción. Otros físicos nucleares trataron de confirmar el descubrimiento, y pasaron por idénticas dificultades que el mismo Fermi había experimentado. Se habían producido cierto número de partículas sub atómicas de diferentes energías, y la formación del elemento 93 no tenía tanta importancia para todos ellos. Además, habían pasado también otras cosas.

Una química alemana, Ida Tacke Noddack (n. 1896), codescubridora del elemento renio, era abiertamente escéptica respecto de que pudiese formarse ninguna clase de elemento 93. Aparentemente, creía que el uranio poseía los más complicados átomos capaces de existir, y que cualquier perturbación

importante de los núcleos de los mencionados átomos daría origen a que se rompiesen en fragmentos, o llevasen a cabo la «fisión» (de una palabra latina que significa «desgarrar»). No obstante, no empleó la palabra «fisión» y no tenía pruebas que respaldasen en absoluto sus creencias, por lo que su sugerencia quedó ignorada.

Hasta entonces, todas las reacciones nucleares habían involucrado la emisión de partículas subatómicas de una masa comparativamente pequeña. La partícula emitida de mayor masa era la partícula alfa, con una masa de 4 en la escala del peso atómico. Los físicos se mostraban poco dispuestos a avanzar mucho más allá.

Dos de ellos se hallaban particularmente enzarzados en tratar de resolver el problema de lo que le sucedía al uranio bajo el bombardeo de neutrones. Se trataba del físico alemán Otto Hahn (1879-1968) y su colaboradora austriaca Lise Meitner (1878-1968). Meitner era judía pero de nacionalidad austriaca, por lo que pudo trabajar en la Alemania nazi sin inmediato peligro durante los primeros años de la ascensión del Hitler al poder.

Hahn y Meitner tuvieron la ocurrencia de que podría aportarse una dosis doble de emisión de partículas alfa al bombardeo de neutrones, y que esto convertiría a los átomos de uranio en átomos de radio. (No conozco los detalles de razonamiento, y a veces me he preguntado si Hahn y Meitner pensaban en el emisión de una partícula alfa doble —lo cual en percepción retrospectiva parece improbable—, a causa de la fama generalizada del radio. Si fue así, constituyó el último momento de gloria del radio.)

Hahn y Meitner hubieran podido demostrar esto de haber detectado ligeras trazas de radio en el uranio bombardeado por neutrones. Sin embargo, tan pocos de los átomos de uranio experimentaron tal cambio, que sólo se formaron unos pocos átomos de radio. ¿Cómo podían detectarse tan ligeros vestigios de radio?

En realidad, el radio es un «metal alcalinotérreo», es decir, químicamente parecido a los elementos calcio, estroncio y bario. Es sobre todo semejante al bario. En realidad, es, virtualmente, un gemelo del bario, y si el radio no fuese radiactivo este hecho de la generalidad sería su característica más notable.

En ese caso, supongamos que añadiésemos bario al uranio bombardeado por neutrones, y forzásemos al uranio a llevar a cabo reacciones químicas que separasen del mismo el bario que se habría añadido. Lo que sirviese para separar el bario del uranio (y los métodos químicos para realizarlo eran bien conocidos), también podría aprovecharse para separar el radio del uranio.

El radio y el bario son tan similares químicamente que funcionarían para ambas cosas.

El bario que se añadiría originariamente, como es natural sería del todo estable y no radiactivo. El bario que se separase saldría con el radio adherido y, por ello parecería radiactivo. Esto, en sí mismo, constituiría un buen signo indirecto de que la teoría de Hahn-Meitner de la emisión de la partícula doble alfa era correcta.

El siguiente paso consistiría en someter la mezcla bario-radio a unas más bien tediosas y delicadas reacciones que los separarían en dos. (El bario y el radio son muy similares en propiedades químicas, pero no son enteramente idénticos. *Pueden* separarse.)

Antes de que esto pudiese ser llevado a cabo, la Alemania nazi invadió y anexionó Austria, en marzo de 1938, y la posición de Meitner en Berlín se hizo insostenible. Atravesó la frontera de Holanda y desde allí se dirigió a Estocolmo. El físico danés Niels

Bohr (1885-1962), un vigoroso antinazi, la ayudó a establecerse en su nuevo hogar.

Hahn pudo continuar su trabajo con Fritz Strassman (n. 1902), y cuando el bario añadido quedó separado, *emergió* radiactivo, lo cual fue motivo de alborozo. No obstante, el siguiente paso fracasó. Nada de lo que hicieron logró separar el radio del bario.

Hahn se sintió forzado a lo que le pareció una ridícula conclusión. Si el radio no podía separarse del bario, entonces es que no era radio.

Entonces, ¿cuál era aquella sustancia que no podía separarse del bario con ninguna clase de procedimiento químico? ¡Pues el mismo bario!

¿Podría ser que cuando el uranio era bombardeado por los neutrones se formase un isótopo radiactivo de bario? ¿Que cuando el bario ordinario se añadía y se separaba, el bario radiactivo saliese con él?

Pero el número atómico del uranio era 92 y el número atómico del bario 56. Si el último se formaba del primero, el átomo de uranio debería separarse en dos mitades casi iguales como resultado de su absorción por un neutrón. Constituiría un caso de fisión de uranio; así reviviría la sugerencia de Noddack, pero con el acompañamiento de la correspondiente evidencia.

Hahn pensó en esto, pero no se atrevió a sacar a la luz aquella sugerencia de la fisión de uranio. Le parecía demasiado extravagante.

Mientras tanto, en Suecia, Meitner había llegado exactamente a las mismas conclusiones, pero ella *sí* se decidió a hacerlo público. Tal vez fue porque el golpe desgarrador del exilio la había hecho preocuparse menos por las trivialidad es de lo que la gente llegase a pensar.

Con la ayuda de su sobrino, Otto Robert Frisch, que trabajaba en el laboratorio de Bohr, Meitner redactó una carta, fechada el 16 de enero de 1939, en la que daba las líneas generales de su sugerencia sobre la fisión de uranio, y la envió a la revista científica *Nature* para su publicación.

No obstante, mientras esto sucedía, Frisch le contó a su jefe, Bohr, el asunto de la carta antes de que ésta fuese publicada. Bohr iba a dirigirse a Estados Unidos para llevar a cabo unas conferencias sobre Física en Washington, D. C., el 26 de enero de 1939, y extendió por allí la noticia en cuanto llegó, antes asimismo de que la carta se publicase.

Y así fueron las cosas...

Puesto que nadie había escuchado a Noddack; dado que Hahn había titubeado; porque Meitner se encontraba en el exilio; a causa de que su sobrino trabajaba para Bohr; porque Bohr dio la casualidad de que se encontró en Estados Unidos en el momento oportuno... Por todas estas causas, no fueron los físicos alemanes los que siguieron adelante con la primera evidencia experimental de la fisión del uranio, sino los físicos norteamericanos.

En visión retrospectiva, a uno le entran sudores fríos cuando se representa una nube en forma de hongo encima de Nueva York, y la bandera de la esvástica ondeando en la Casa Blanca... Pero ni siquiera esto de librarse por los pelos acabó aquí, tal y como veremos en el siguiente capítulo.

XII. EL DEDO DE DIOS

En 1755, los británicos mandaron un ejército a América del Norte, bajo el mando del general Edward Braddock, para disputar a los franceses su avance hacia la Pensilvania occidental.

Braddock tomó cariño a un joven virginiano de veintitrés años, que ya había combatido allí contra los franceses (sin éxito), y le nombró su ayudante de campo. Fue el único ayudante colonial entre un grupo de británicos.

Braddock hizo luego marchar a sus hombres al sitio donde se alza la actual Pittsburgh, y trató de luchar allí al estilo de las batallas europeas, con todos sus hombres cuidadosamente alineados y disparando una descarga tras otra. Tuvieron enfrente a los franceses y a los indios que, al observar que se hallaban combatiendo en un bosque sin caminos, se escondieron detrás de los árboles.

Los franceses y los indios dispararon a discreción desde detrás de aquellos árboles y segaron a los británicos, los cuales constituían unos espléndidos blancos con sus brillantes uniformes rojos. Los británicos no tenían nada visible adonde devolver el fuego y, cuando trataron de buscar cobertura, Braddock les hizo volver a ponerse en línea con gritos, juramentos y la parte plana de su sable.

Naturalmente, los británicos sufrieron una carnicería, y Braddock resultó mortalmente herido, muriendo unos días después musitando:

—¿Quién podía haberlo pensado?

La parte de aquel ejército que quedó con vida lo debió al ayudante de campo virginiano que, cuando finalmente los británicos rompieron filas y echaron acorrer, cubrió su retirada con sus propias tropas de Virginia, las cuales combatían al estilo indio.

El joven virginiano salió de la batalla sin el menor rasguño. Sus caballos murieron debajo de él. Cuatro balas le atravesaron las ropas. Fue el *único* ayudante de campo que quedó vivo (el único del todo incólume) en aquella carnicería.

El nombre del virginiano (ya sé que van por delante de mí), era George Washington.

Oí por primera vez esta historia en clase, cuando sólo tenía diez años. El maestro (al que llamaré Mr. Smith), se emocionó mucho al respecto, y nos dijo que aquello constituía, claramente, el dedo de Dios. Washington, nos contó, fue salvado para que, veinte años después, pudiese llevar a las colonias a la victoria en la Guerra Revolucionaria, y de este modo fundar los Estados Unidos de América.

Yo escuché aquello con profundo escepticismo. En primer lugar, me parecía que Dios no era norteamericano, y debía cuidar por igual de todas las personas. Si fuese, realmente, eficiente se hubiese imaginado alguna forma de llevar a cabo aquel propósito sin una batalla, y haber salvado la vida de *todos*. Pero luego, un repentino y estremecedor pensamiento cruzó mi mente, y levanté excitado la mano.

El maestro señaló hacia mí y dije:

—¿Cómo puede decir que se trató del dedo de Dios, míster Smith? Según todo lo que sabemos, murió alguien en aquella batalla que, de haber vivido, habría sido mejor que George Washington y hubiese tramado una forma de conseguir la independencia sin una guerra.

Ante aquello, Mr. Smith se puso rojo. Los ojos se le salieron de las órbitas, me señaló con un dedo y me gritó:

—¿Estás tratando de decirme que alguien lo hubiese hecho mejor que George Washington?

Yo sólo tenía diez años, por lo que me asusté mucho y me apresuré a echarme hacia atrás, pero sólo de cara al exterior. Dentro de mi cabeza, no di el brazo a torcer, y estuve seguro de que describir algo como representativo del dedo de Dios constituía una tontería. En todo conflicto de cualquier clase, ya sea entre individuos o entre naciones, lo que le parece el dedo

de Dios al vencedor, seguramente que, el perdedor, lo considera más bien la pezuña del diablo.

Y, sin embargo, qué tentador resulta jugar al juego del «dedo de Dios». Acabé mi anterior ensayo con el descubrimiento de la fisión del uranio, señalando las series de afortunados accidentes que llevaron a que el trabajo inicial del proceso se hiciese en Estados Unidos en vez de en la Alemania nazi, sentí tal alivio ante todo esto que alguien podía suponer que pensaba que el dedo de Dios había tenido algo que ver con todo ello.

Bien, pues aún no he acabado.

Consideremos la situación de Leo Szilard, en 1939. Como ya he explicado, había estado pensando en la idea de una reacción nuclear en cadena. Su primer intento en esa dirección, implicó la interacción de un neutrón con un núcleo de berilio, de tal forma que se liberasen dos neutrones. Sin embargo, hacía falta un rápido neutrón energético para que interactuase con el núcleo de berilio, y sólo se liberaban neutrones lentos, neutrones con demasiada poca energía para obrar recíprocamente, con posteriores núcleos de berilio.

Por otra parte, el uranio lleva a cabo la fisión estimulado por neutrones *lentos*. En realidad, libera neutrones rápidos en el proceso que no son tan eficientes en romper los núcleos de uranio lo mismo que los neutrones lentos. (Se mueven demasiado de prisa y no permanecen en las proximidades de un núcleo el tiempo suficiente para conseguir una buena posibilidad de reacción.)

Sin embargo, mientras que los neutrones lentos no puedan ser acelerados, los neutrones rápidos sí pueden ser con facilidad retardados. Así, pues, si se ha empezado a fisionar el uranio, y se han producido neutrones lentos, se puede continuar la fisión del uranio acelerando con rapidez a fin de producir una bomba de una potencia sin precedentes y del todo devastadora.

En 1939 quedó claro para Szilard que el mundo estaba en el umbral de la guerra, que la Alemania nazi podía vencer en aquella guerra y que esa nación representaba un mortal peligro para la civilización.

Szilard estaba más que seguro de que era del todo posible el que se desarrollase una bomba de fisión de uranio, en el transcurso de la guerra, y le parecía también del todo claro que cualquiera de los bandos que desarrollase y emplease primero la bomba, sería el que ganase la guerra, aunque se encontrase al borde de la derrota antes de su uso. ¿Así, pues, quién conseguiría la bomba primero, Alemania o Estados Unidos? (Existía cierta posibilidad de que Gran Bretaña o Francia pudiesen lograrlo también. Pero nadie, en aquel tiempo, creía que la Unión Soviética o Japón tuviesen la menor posibilidad.)

Sin embargo, Szilard podía haber opinado que las oportunidades estaban de parte de los alemanes por cierto número de razones.

1. La tradición científica en Alemania era mucho más fuerte que en Estados Unidos. Durante el período comprendido entre 1850 y 1914, Alemania había llevado la delantera en el mundo en lo que se refiere a investigación científica, mientras que Estados Unidos estaba tan atrasado en este respecto, que cualquier norteamericano que quisiese seguir una carrera científica debía pasar en. Alemania, por lo menos, parte de su trabajo de licenciatura. Alemania era potente, de forma específica, en física nuclear, y era en Alemania donde se había llegado, en primer lugar, a la evidencia de la fisión del uranio.

2. Alemania se encontraba bajo el dominio absoluto de Adolf Hitler, el cual, si se interesaba en las posibilidades de una bomba nuclear, podría, sin obstáculos, echar mano de todos los recursos de la nación para su desarrollo, sin que el dinero constituyese ningún obstáculo. Por otra parte, Estados Unidos era una democracia regida por unas personas para los que el objetivo más importante lo constituía la reelección, y el emplear un montón de dinero en un plan muy poco serio, de tipo ciencia ficción, que ponía en peligro el escaño del Congreso, constituía algo que nadie podía permitirse.

3. Alemania constituía una sociedad cerrada, y si Hitler se interesaba por la posibilidad de una bomba nuclear, cuales-

quiera descubrimientos alemanes en aquella dirección se hubieran mantenido en el mayor de los secretos. Por el contrario, en Estados Unidos todos los descubrimientos serían en seguida publicados y discutidos, por lo que Alemania se beneficiaría de cualquier avance que realizasen los norteamericanos, pero no viceversa.

Szilard sintió que le correspondía a él hacer algo a este respecto y, hasta donde pudiera, procurar que las posibilidades se hallasen en favor de Estados Unidos.

He dado estos tres puntos en orden de decreciente dificultad.

Por ejemplo, el primer punto, en lo referente a la tradición científica de Alemania y a la carencia de ella por parte de Estados Unidos, constituye un hecho histórico y nada se podía hacer al respecto, excepto que cambiase, y me imagino que Szilard ya era consciente de ello.

Desde la Primera Guerra Mundial, Alemania había perdido su preeminencia en la Ciencia, y Estados Unidos había ido avanzando con rapidez. Además, el mismo Hitler era el mejor aliado de Szilard a este respecto. El punto de vista paranoico en lo referente al racismo había debilitado mucho a la Ciencia alemana, y había inundado Occidente de refugiados científicos, que podrían tener la habilidad de facilitar una bomba nuclear a Estados Unidos, y las más fuertes motivaciones para desear hacerlo.

De hecho, se podía imaginar un nuevo «sí» de la Historia, con un Hitler diferente al auténtico, en vez de alguien sólo obsesionado por la «pureza racial». De haber sido así, todos los expulsados de Alemania en nombre de la mencionada «pureza», se hubieran quedado allí. No existe razón para suponer que no hubiesen contribuido poderosamente a la fabricación de una bomba nuclear para Alemania, en vez de hacerla para Estados Unidos, y Alemania sería en la actualidad la nación dominante del planeta.

Podemos decir «¡Qué ironía!» y alzar asombrados las manos al ver la forma en que Hitler se derrotó a sí mismo, y hablar

del dedo de Dios, excepto que éste no es ninguna clase de acontecimiento que carezca de precedentes. Ha sucedido por lo menos dos veces ya en la historia europea, de una forma igualmente espectacular. España, bajo Felipe III, expulsó a los moriscos y Francia, bajo Luis XVI, expulsó a los hugonotes (cristianos de fe protestante). En cada caso, la nación que llevó a cabo aquella expulsión, en nombre de la «pureza religiosa», perdió una particularmente valiosa parte de su población debilitándose de un modo permanente, y robusteciendo, en proporción, a sus enemigos.

¿Ha aprendido la Humanidad una lección de todo esto? Naturalmente que no. Exactamente ahora, Vietnam está proyectando expulsar a todos los vietnamitas de ascendencia china, y existe la mayor certidumbre de que, como resultado de esto, el Vietnam se debilitará de una forma permanente.

No es preciso utilizar el dedo de Dios para que los seres humanos coloquen sus prejuicios por delante de su sentido común. Yo más bien estaría tentado de creer en el caso a la inversa.

Pero volvamos a Szilard. Podía escasamente contar con que Hitler hubiese debilitado lo suficiente la Ciencia alemana como para que la situación estuviese segura, y, por ello, debía de tomar en cuenta los puntos 2 y 3.

Comenzó una campaña de un solo hombre señalando las posibilidades de una bomba nuclear, y pidiendo a los científicos en aquel campo que mantuviesen sus trabajos en secreto. Para los científicos, resultaba muy duro convenir en esto. La libre y abierta comunicación entre los científicos, junto con unas completas y tempranas comunicaciones, constituyen los auténticos cimientos del progreso científico.

Y aunque el caso carecía de precedentes, y poco a poco, Szilard se fue saliendo con la suya. Hacia abril de 1940, existía ya un sistema voluntario de autocensura sobre la materia, y cesó la discusión pública acerca de la fisión nuclear. Szilard se había hecho cargo con todo cuidado del punto 3, y aquello significaba que Alemania ya no podría contar con la capacidad de Estados Unidos para destruimos.

Sin embargo, por entonces pareció como si Alemania no necesitase en absoluto de la ayuda de Estados Unidos. En abril de 1940, Hitler había llegado a un acuerdo con la Unión Soviética, comenzando la guerra, destruido Polonia, tomado Dinamarca y Noruega, todo ello mientras que Gran Bretaña y Francia permanecían en un estado de parálisis. Poco después de la victoria de Szilard, Hitler se apoderó de Francia y comenzó a someter a Gran Bretaña a un bombardeo inmisericorde. Y, en 1941, se volvió hacia la Unión Soviética, tras haber despejado los Balcanes y avanzado ya con fuerza dentro de la patria rusa.

Parecía como si fuese a apoderarse de toda Europa, y llegado el caso incluso de todo el mundo, *sin* armas nucleares.

Por lo tanto, se hizo importante para Estados Unidos el desarrollar una bomba nuclear, no sólo para poder ir de esta manera por delante de los alemanes, sino tal vez como la última línea de defensa contra la, de otro modo, inevitable derrota. Y sólo teníamos pocos años para llevarlo a cabo.

Resulta duro en la actualidad, para los que no lo han vivido como yo, comprender la desesperación de aquellos días. Era de lo más posible que los Estados Unidos desperdiciaran su tiempo y sus posibilidades, mientras Alemania seguía adelante con su trabajo, hasta llegar a emplear unas armas sin ninguna clase de precedentes.

Consideremos, por ejemplo, el caso de los cohetes. Los cohetes modernos comenzaron, en Estados Unidos, con Robert Goddard, en 1926, pero Goddard se quedó solo. El Gobierno no le prestó la menor ayuda. Incluso resulta dudoso pensar que, en los veinte años entre 1926 y 1946, existiese un solo congresista con visión para apoyar a los cohetes, o embarcado lo suficiente para perder la reelección por culpa de este asunto.

Éste no era el caso de Alemania, donde el apoyo del Gobierno a los cohetes comenzó ya de una forma tan temprana que, en 1944, los proyectiles V-2 estaban bombardeando Gran Bretaña.

Con esto en la mente, podemos preguntamos de nuevo acerca del hecho de que Alemania no venciese, y de nuevo ocurrió el caso de que Hitler se derrotase a sí mismo. Por alguna

razón, su interés por los cohetes y los misiles ahogó su interés por la bomba nuclear. En aquella emergencia de guerra, pareció no haber lugar dentro de él para más de un arma secreta a la vez, y más fundamental aún, el deseo de Hitler de conseguir que sus tropas se desparramasen por toda Europa, mientras aún estaba vivo y lo suficientemente joven como para disfrutar de la destrucción, le condujeron a una guerra prematura. Sospecho que no deseaba fabricar una máquina de guerra que algún sucesor usase para conquistar el mundo.

A fin de cuentas, existen precedentes históricos para él, y Hitler, que era un ardiente estudiante de la Historia, sabía acerca de esto. Filipo de Macedonia había alzado un ejército que su hijo, Alejandro, empleó para conquistar todo el Imperio persa, y, por ello, fue su hijo el que recibía el sobrenombre de *Magno*.

Muy cerca de su patria, Federico Guillermo I, de Prusia, formó un bellamente pulido ejército que su hijo, Federico II, emplearía para derrotar a los ejércitos austriacos y franceses, y también en este caso fue el hijo al que se consideraría *el Grande*.

Presumiblemente, Hitler deseaba ser Filipo y Alejandro combinados, y no quería arriesgarse a esperar para ello demasiado.

Sin embargo, aún tenía sólo cincuenta años en 1939, y podía haberse arriesgado a esperar, digamos, cinco años más. Si lo hubiese hecho, hubiera podido estar seguro de que las potencias occidentales habrían desperdiciado profundamente su tiempo. Gran Bretaña y Francia se hubieran mostrado complacidas de que Alemania no hubiese hecho más demandas territoriales después de Munich, y más bien se habrían echado atrás para no irritar a Hitler. Franklin Roosevelt no hubiera tenido que apresurarse para su tercer período electoral, en 1940, caso de que el mundo se hubiese hallado en paz, o hubiera sido derrotado de haberlo intentado, y su sucesor, fuese el que fuese, hubiera sido menos capaz de luchar contra el sentimiento aislacionista en Estados Unidos.

Hitler hubiera podido realizar unos programas más importantes, para desarrollar tanto los misiles como la bomba nuclear, sin tener la menor competencia por parte de Occidente. La Unión Soviética hubiera podido estar también actuando en ambas direcciones, estoy seguro de ello, pero sospecho que Hitler lo hubiese conseguido antes.

Así, pues, en 1944 o 1945, Hitler hubiese tenido ya dispuestos los misiles y las bombas nucleares, o casi dispuestos, para una rápida producción y mejoramiento si ello hubiese sido necesario. Hubiera podido iniciar la guerra y reservar sus armas secretas para las emergencias. Si la guerra hubiese marchado mal, o se hubiese prolongado más de lo que él preveía, y detrás de sus aisladores océanos Estados Unidos hubiera podido atrapar y aún sobrepasar a Alemania en la producción de armas convencionales, dos o tres bombas nucleares hubieran estallado encima de las ciudades norteamericanas, por medio de misiles lanzados por algún submarino ante las costas, me imagino, lo cual habría sido suficiente para terminarlo todo y Hitler convertirse en el amo del mundo.

Pero esto no ocurrió. Hitler, sin el beneficio de la previsión, pudo no haber visto todo esto, pero me imagino que ninguna de todas estas posibilidades le habrían interesado. Simplemente, no quería aguardar más, puesto que no deseaba correr el riesgo de perder el crédito de la conquista, por lo que desperdició sus posibilidades por querer abarcar demasiado.

¿El dedo de Dios? ¿Por qué? Seguramente no son necesarias las fuerzas de los cielos para conseguir que un paranoico egomaníaco obre como un paranoico egomaníaco.

Pero Szilard no podía contar con esto. No podía prever el futuro y no podía estar seguro de que Hitler hubiese actuado de una forma prematura. No le había parecido así en 1941.

¡No! Estados Unidos debía poseer la bomba nuclear y no había modo de realizarlo sin un masivo programa gubernamental, y uno muy costoso, para apoyar la ingeniería e investigación que resultaban necesarias. Pero, ¿cómo diantres podría ser el Gobierno persuadido para que invirtiese el dinero? ¿El Congreso? ¡Había que olvidarlo! Con el mundo ardiendo por sus

cuatro costados, la Cámara de Representantes renovó el alistamiento por sólo *un voto* de diferencia. Un congresista se opuso a la renovación, afirmando que, si se produjese una invasión, todos los norteamericanos «se alzarían en armas». No mencionó qué armas o cómo serían entrenados para emplearlas.

Hubiera sido mejor intentarlo con el presidente Roosevelt, pero sólo era Presidente y hubiera quedado destrozado en el Congreso y por el pueblo, si hubiese gastado un montón de dinero en algo que no tenía un uso inmediato y visible, para amplios sectores de votantes. Para que Roosevelt se viera urgido a ello, debía verse impresionado por lo apremiante de la situación, tan impresionado como para querer arriesgarse a un suicidio político.

¿Cómo demonios podía quedar Roosevelt impresionado hasta semejante punto? Naturalmente, se trataba de una materia científica, pero tenía todos los visos de ciencia ficción, y no hay nada que enfurezca más a los hombres estúpidos y de estrechas miras del mundo que algo que les parezca que es sólo ciencia ficción. Para quitarse de encima ese sambenito, el asunto debía de ser presentado por algún científico, con una reputación tan encumbrada que nadie pudiese poner en tela de juicio sus declaraciones.

Sólo existía un científico vivo que fuese una completa leyenda en el mundo, incluso para aquellos que no supiesen nada acerca de Ciencia, excepto que dos y dos son algo que se encuentra entre tres y cinco... Se trataba de Albert Einstein.

No obstante, Szilard también contó con la ayuda de dos de sus amigos, Eugene Paul Wigner y Edward Teller. Los tres eran brillantes físicos nucleares de nacimiento húngaro, y los tres habían escapado de Hitler. Los tres estaban también absolutamente convencidos de los peligros con los que se enfrentaría el mundo y de la necesidad de conseguir la bomba con vistas a la amenaza nazi. Los tres fueron a ver a Einstein, que también había sido una víctima de los nazis.

No resultó sencillo persuadir a Einstein para que añadiese su nombre a la carta. Era un convencido pacifista, y no deseaba

colocar aquellas terribles armas en manos de los seres humanos, pero sí podía ver los peligros y el increíble dilema al que hacía frente el mundo. Era algo malo de las dos formas, pero debía realizar una elección, y suscribió con su nombre la carta que Szilard había escrito para que él la firmase.

La carta llegó a manos de Roosevelt, y el empleo del nombre de Einstein, aparentemente, suministró el necesario revulsivo. Roosevelt decidió seguir adelante y autorizar un proyecto secreto para el desarrollo de la bomba nuclear, que, llegado el momento, costaría dos mil millones de dólares. (Cabe imaginar el ridículo que hubiera caído sobre la cabeza de Roosevelt, si el proyecto hubiese acabado en fracaso.)

Incluso una decisión presidencial debe seguir sus trámites, y no fue hasta un sábado en particular, a fines de año, cuando, finalmente, Roosevelt firmó la orden que puso en marcha lo que se llamaría «Proyecto Manhattan», un nombre deliberadamente sin significación para enmascarar sus auténticos planes.

Sin embargo, fue algo increíblemente cercano a no producirse.

Constituye una buena y vieja costumbre norteamericana, a fin de cuentas, no hacer nada importante en el fin de semana, lo cual incluso alcanza a veces a los mismos presidentes de Estados Unidos.

Si Roosevelt se hubiese retrasado hasta el lunes, quién sabe cuándo lo hubiera firmado, o incluso si hubiese llegado a firmarlo.

El día en que se firmó la orden fue el sábado, 6 de diciembre de 1941 y, al día siguiente, era domingo, 7 de diciembre de 1941, el día en que los aviones japoneses bombardearon Pearl Harbor. Después de aquello, no hubo otra cosa que el caos en Washington durante algún tiempo.

No obstante, la orden fue firmada el último día posible (¿el dedo de Dios? ¿La pezuña del diablo?), y la bomba nuclear se desarrolló y Estados Unidos fue el primero en conseguirla. Szilard había vencido.

Y, sin embargo, llegado el momento tampoco necesitamos la bomba. La Alemania de Hitler no llegó a desarrollar una

bomba atómica, y puso a punto sus misiles demasiado tarde como para poder ganar la guerra.

El 30 de abril de 1945, Hitler se suicidó, y el 8 de mayo de 1945 Alemania se rindió. El mundo podía descansar.

En realidad, Japón aún combatía, pero ya no tenía Marina, sus ejércitos habían sido derrotados, sus ciudades aplastadas hasta constituir una pura ruina. Estaba ya a punto de rendirse.

Muchos de los científicos que se habían encontrado tan ansiosos por lograr una bomba nuclear, sentían que ya no era necesaria. Mientras fue asunto de conseguirlo antes que los nazis, o para impedir una derrota final, debía de conseguir una. En aquella época, el horror de la bomba parecía preferible al horror de un mundo nazificado.

Pero una vez la Alemania nazi fue derrotada, y Japón resultaba claro que se hallaba al borde de la derrota, ¿por qué no dejar de trabajar en la bomba, mantenerla reservada para futuras emergencias sin revelar la tarea que se había efectuado y dejarlo todo sometido a control internacional, o *algo, cualquier cosa* para evitar que aquello llegase a obtenerse, con un mundo con potencias opuestas armadas con armas nucleares, y con una destrucción que sería siempre inminentemente posible?

Y, sin embargo, el desarrollo de la bomba nuclear continuó. El 16 de julio de 1945, tuvo lugar la primera explosión de una bomba nuclear en la historia mundial, en Alamogordo, Nuevo México. El 6 de agosto de 1945, la segunda explosión de una bomba nuclear se efectuó por encima de Hiroshima, en el Japón, y el 9 de agosto de 1945, la tercera explosión atómica sucedió sobre Nagasaki. Los japoneses se rindieron, formalmente, el 2 de setiembre.

¿Por qué? Se puede defender la explosión de Alamogordo. A fin de cuentas, el trabajo y la inversión habían sido lo suficientemente importantes, que existía una abrumadora curiosidad para ver cómo funcionaba aquella bomba.

¿Pero, por qué emplearla contra un agonizante enemigo? Las razones que se dieron después del acontecimiento, fueron que los acérrimos y fanáticos japoneses no se rendirían a menos que los norteamericanos llegasen a invadir las propias islas, y

que los japoneses lucharían con increíble ferocidad, causando la muerte, por lo menos, de 100.000 norteamericanos y, por ejemplo, unos 500.000 japoneses. El bombardear en vez de ello dos ciudades representaría un ahorro neto de centenares de millares de vidas norteamericanas y japonesas, lo cual constituiría un gran acto humanitario.

En aquella época yo no creí en ello, y puedo afirmar que tampoco lo creo ahora.

Sin embargo, los japoneses no eran el auténtico enemigo en aquel momento. El auténtico enemigo era nuestro aliado, la Unión Soviética.

En la conferencia de Yalta, que se celebró en febrero de 1945, la Unión Soviética había prometido declarar la guerra al Japón tres meses después de la rendición de los nazis, puesto que necesitaban muchísimo tiempo para trasladar suministros y hombres a través de ocho mil kilómetros, desde las fronteras occidentales de la Unión Soviética hasta las orientales. Se acordó hacerlo así.

A pesar de la fácil conversación acerca de que uno no puede fiarse de la Unión Soviética, el hecho es que la Unión Soviética, por lo general, ha mantenido al pie de la letra los acuerdos específicos. (Puede violar el espíritu, pero eso es otra cosa.) Si habían dicho tres meses, aquello quería decir tres meses, y tres meses, a partir del 8 de mayo de 1945, era el 8 de agosto de 1945. Y aquel día, en realidad, la Unión Soviética declaró la guerra al Japón.

Sin embargo, Estados Unidos había estado luchando contra los japoneses durante tres años y medio. Había sido una amarga lucha y teníamos la humillación de Pearl Harbor que vengar. Deseábamos aseguramos el conseguir todo el crédito de la victoria. Si el Japón se rendía algún tiempo después de que el Ejército soviético comenzase a avanzar por Manchuria, podría parecer como si aquél fuese el golpe definitivo, con lo que perderíamos nuestro crédito. Por lo tanto, nos apresuramos como unos locos para conseguir, por lo menos, que una bomba nuclear estuviese preparada para dejarla caer encima de una ciu-

dad japonesa *antes* de que llegasen los soviéticos, y lo conseguimos por sólo dos días. A fin de cuentas, la entrada en la guerra de los soviéticos había sido sólo un detalle, y todo el mundo sabía quién había derrotado a los japoneses. Lo había hecho Estados Unidos.

Y lo que es más, sabíamos muy bien que íbamos a entrar en competición con la Unión Soviética, respecto de la influencia en Europa y en el mundo, una vez que la guerra hubiese terminado, y decidimos que resultaba necesario que la Unión Soviética supiese que teníamos aquella arma terrible. Y más aún, debíamos hacer algo más que hablar al respecto, o llevar a cabo demostraciones en el vacío del desierto o en el mar. Tenía que usarse en una *ciudad*, para que la muerte y destrucción que causaba se viesen de un modo palpable, y debíamos hacerlo de prisa, antes de que los japoneses se rindiesen y nos privasen de un enemigo con quien realizarlo. Hiroshima y Nagasaki constituyeron demostraciones, hechas a sangre fría, pero teniendo como auténtico objetivo a la Unión Soviética. Por lo menos, así es la forma como considero todo el asunto.

Es posible discutir con relación a que esto sólo impedía una guerra soviético-norteamericana en los años siguientes a la Segunda Guerra Mundial. Incluso al prevenir esto, se han salvado millones de vidas, y el bombardeo nuclear de las ciudades japoneses puede aún ser considerado como un acto humanitario. Incluso es posible seguir discutiendo el que el conseguir la bomba a tiempo, y emplearla antes de que tuviese lugar la rendición japonesa y lo hiciese imposible, constituye otro ejemplo del dedo de Dios.

Por otra parte, ¿no sería imposible contraatacar diciendo que, el estrecho margen que nos permitió desarrollar y emplear la bomba nuclear al final de la Segunda Guerra Mundial, imbuyó a Estados Unidos de una sensación de súper-confianza, que le impidió el intentar conseguir la conciliación con la Unión Soviética, en un momento en que la Unión Soviética era lo suficientemente débil, tras combatir a los alemanes y que hubiesen dado por bien venida tal conciliación?

¿No sería posible seguir discutiendo acerca de que ese exceso de confianza en sí mismos, ha conducido a Estados Unidos a una serie de errores en política exterior, por los cuales estamos pagando ahora?

¿El dedo de Dios? ¿La pezuña del diablo?

O tal vez debiéramos dejar de buscar causas sobrenaturales y mirar más de cerca la auténtica locura humana. No creo que necesitemos nada más aparte de esto.

LA CÉLULA

XIII. CLON, CLON DE MÍ MISMO

El 12 de diciembre de 1968 di una charla en una reunión de médicos y abogados en San José, California.[27] Naturalmente, me pidieron que hablase acerca de algún tema que interesase a ambos grupos. Algún instinto me dijo que el mal ejercicio de la Medicina se avendría al interés de ambos grupos; pero, sin embargo, no hubiera sido un tópico útil. Hablé sobre ingeniería genética más bien, y hacia el final discutí el asunto de la clonación.

En el auditorio se encontraba un buen amigo de tres décadas, el muy conocido escritor de ciencia ficción, *bon vivant* e ingenioso Randall Garrett. Con el rabillo del ojo me percaté de un trozo del papel situado en el podio mientras hablaba de la clonación. Eché un vistazo al papel, sin detener por ello mi discurso (no es fácil, pero puede hacerse, dada la experiencia de tres décadas de hablar en público), y vi al instante dos cosas. En primer lugar, que se trataba de una de las superlativas piezas de versos satíricos de Randall y, en segundo lugar, que se veía claro que iba ser cantado con la tonada de *Home on the Range*.

Para comprender el verso hay que fijarse en el factor de que, genéticamente, la distinción entre el ser humano masculino y femenino radica en que cada célula masculina tiene un cromosoma X y otro Y, Y que cada célula femenina tiene dos cromosomas X.[28] Por lo tanto, si, en el momento de la concepción, o

---

[27] Aquellos de mis Gentiles Lectores que saben, que bajo ninguna circunstancia tomo un avión, no tienen por qué extrañarse. Fui a California y regresé en tren. Sí, aún corren.

[28] Véase Counting chromosomes, F & SF, junio de 1968.

bien poco después, un cromosoma Y puede cambiarse en un cromosoma X, un macho se convertirá *ipso facto* en una hembra.

He aquí, pues, la Canción de Randall, a la que me he tomado la libertad de añadir cuatro versos propios:

(primer verso)
Oh, dame un clon,
de mi propia carne y huesos,
con su cromosoma Y mudado en X; y cuando crezca
entonces mi propio cloncito
será el sexo opuesto.
(coro)
Clon, clon de mí mismo,
con su cromosoma Y mudado en X;
y cuando estoy solo
con mi propio cloncito
ambos no pensaremos más que en sexo.

(segundo verso)
Oh, dadme un clon,
oíd a mi melancólica luna,
sólo un clon que sea del todo yo mismo;
y si es un X,
del sexo femenino,
oh, qué divertido cuando estemos pro nos.

(tercer verso)
Mi corazón no es de piedra,
como frecuentemente mostré
a solas con mi querido pequeño X;
y después de haber cenado,
estoy seguro de que encontraremos
mejor incesto que Edipo Rey.

(cuarto verso)
¿Por qué el sexo debe preocupar,
perturbar o dejar perplejo

o inducir a un tono desesperanzado?
A fin de cuentas, no podéis ver,
dado que ambos somos yo,
que cuando hacemos el amor estoy solo.

(quinto verso)
y después de haberlo hecho,
ella aún tiene su diversión,
pues me clonaré a mí mismo
dos veces antes de que muera.
y esta vez, sin el menor fracaso,
ambos de ellos serán machos,
y cada uno la encantará a su vez.

Cuando acabé con mi charla y con la sesión de preguntas y respuestas, canté la Canción de Randall con mi voz resonante de barítono y, de forma total, eché la casa abajo.

Tres semanas y media después, la canté de nuevo en el banquete anual de los «Baker Street Irregulars», ese fino grupo de fanáticos de Sherlock Holmes, ajustándola levemente a su nuevo cometido *(Oh, dame algunos clones* / *del gran Sherlock Holmes* / *con sus cromosomas Y...),* de nuevo eché la casa abajo.

Sin embargo, ahora deberá usted estar preguntándose: «¿Qué es un clon?»

Es algo de lo que últimamente se ha hablado mucho, pero reconocer una voz, y saber lo que representa, pueden ser dos cosas muy diferentes. Por lo tanto, entremos en materia...

La voz «clon» es griega, exactamente como está aquí, siempre y cuando la deletree en letras griegas, y significa «rama».

Un clon es cualquier organismo, o grupo de organismos, que sale de una célula o grupo de células por medios distintos a los de la reproducción sexual. Explicado de otro modo, es un organismo que constituye el producto de una reproducción asexual. Dicho de otro modo, es un organismo con un solo padre, mientras que un organismo que surge de una reproducción sexual (excepto cuando la auto-fertilización sea posible) tiene dos padres.

La reproducción asexual es cosa normal entre los organismos unicelulares (aunque la reproducción sexual puede tener lugar), y es muy común en el mundo de las plantas.

Una rama puede hincarse en el suelo, donde echará raíces y crecerá, produciendo un organismo completo de la clase del que fue sólo una ramita. Ahora bien, la rama puede ser injertada en la rama de otro árbol (incluso de una variedad diferente), donde crecerá y florecerá. En cualquiera de ambos casos, se trata de un organismo de un solo padre y sexo, que no tiene nada que ver con su producción. A causa de que los seres humanos averiguaron esta forma asexual de reproducción en conexión con los árboles frutales, probablemente un organismo semejante de un solo padre de origen no sexual se llama «vástago», es decir «clon».

¿Y qué son animales multicelulares?

La reproducción asexual puede tener lugar también entre ellos. Cuanto más primitivo sea el animal, es decir, cuanto menos diversificadas y especializadas sean las células, más probable es que tenga lugar esa reproducción asexual.

Una esponja, o una hidra de agua dulce, o un platelminto, o una estrella de mar, cualquiera de ellos, puede ser partido en trozos, yesos trozos, si se conservan en su medio ambiente, crecerán hasta dar origen a un organismo completo. Los nuevos organismos son clones.

Incluso organismos tan complejos como los insectos pueden, en algunos casos, dar a luz crías partenogenéticamente y, en el caso de los áfidos, por ejemplo, constituye algo normal. En esos supuestos, una célula ovular, que contiene una sola media parte de cromosomas, no requiere unión con una célula espermática para que suministre la otra mitad de la dotación. En vez de ello, la célula del huevo con su media dotación meramente se duplica a sí mismo, produciendo una dotación genética completa, toda del padre femenino y el huevo procede luego a dividirse y se convierte en un organismo independiente, de nuevo un tipo de clon.

No obstante, en general, los animales complejos y, en particular, los vertebrados, no clonan sino que se decantan, exclusivamente, por una reproducción sexual.

¿Por qué? Por dos razones.

En primer lugar, a medida que un organismo se hace más complejo y especializado, sus órganos, tejidos y células se hacen más y más complejos y especializados también. Las células se hallan tan bien adaptadas a llevar a cabo sus altamente especializadas funciones, que ya no pueden dividirse y diferenciarse como lo hacían las células del huevo.[29]

Esto parece una terrible desventaja. Los organismos que clonan, pueden reproducirse a sí mismos asexualmente, y salir adelante mejor que los otros organismos, que tienen que pasar por el trastorno de encontrar a unos compañeros y luego enzarzarse en todo el complejo fenómeno, tanto físico como químico, implicado en la reproducción sexual.

Cabe pensar en todos los seres humanos que, por un leve defecto u otro, no pueden tener hijos, un problema que sería desconocido si nos arrancásemos un dedo de un pie, y éste creciese luego hasta convertirse en otro individuo, mientras a nosotros nos saliese un nuevo dedo en el mismo pie.

Aquí viene, pues, la segunda razón. Existe una ventaja evolucionada hacia la reproducción sexual, que supera todos los inconvenientes.[30] En la clonación, el contenido gen ético de un nuevo organismo sigue siendo idéntico respecto del organismo original, excepto ocasionales mutaciones. Si el organismo se

---

[29] Esto no es misterioso. Podemos ver una analogía en el plano social. Yo soy un individuo altamente especializado, que puedo mantenerme a mí mismo con facilidad como escritor, dado que estoy rodeado por una sociedad que funciona de una forma altamente organizada. Si se me coloca en una isla desierta, pereceré con rapidez, dado que no conozco lo más mínimo acerca de los requerimientos más simples para poder subsistir por sí solo.

[30] Por favor, no escriban para decirme que las actividades implicadas en la reproducción sexual no son inconvenientes en absoluto, sino más bien divertidas. Lo sé mejor que ustedes, de todos modos. Lo divertido es una especie de evolutivamente desarrollado soborno, diseñado para que nos lo saltemos todo y perdonemos los inconvenientes. Si usted es una mujer, verá este punto con mayor rapidez, tal vez, de como lo haría un hombre.

halla muy eficientemente adaptado a lo que le rodea, esto es útil, pero se trata de un mecanismo en extremo conservador que reduce las posibilidades de cambio. Cualquier alteración en el medio ambiente puede llevar, con suma rapidez, a la extinción de una especie.

En el caso de la reproducción sexual, cada nuevo organismo tiene una combinación nueva de genes, la mitad de un padre y la mitad del otro. El cambio es inevitable, y cierta la variación de un individuo a otro. Una especie en donde la reproducción sexual sea la norma, posee la capacidad de reaccionar con rapidez a la más leve alteración de lo que lo rodea, puesto que algunas de sus variantes son favorecidas por encima de las otras. Incluso una especie puede, a través de la reproducción sexual, dividirse con relativa facilidad en dos o tres especies más, que tomarán ventaja de los nichos diferentes de su medio ambiente.

En resumen, una especie que se reproduzca sexualmente evoluciona con mucha mayor rapidez que una especie que clone, y con mucha dificultad para hacer evolucionar especializaciones, como la inteligencia, que no es muy probable que surja en toda la existencia de un planeta habitable, sin apelar a la reproducción sexual.

Sin embargo, una forma especializada de clonar puede tener lugar incluso en los animales más evolucionados, hasta en el ser humano.

Consideremos una célula ovular humana fertilizada por una célula espermática humana. Tenemos ahora una célula ovular fertilizada, que contiene una mitad de equipamiento de genes de su madre y otra mitad procedente de su padre.

Esta célula del huevo fertilizada no puede convertirse en un organismo vivo independiente durante nueve meses, porque debe dividirse y redividirse dentro del útero y ser nutrido a través del torrente sanguíneo de la madre. Puede desarrollarse, especializarse y crecer más y más, hasta que haya desarrollado la habilidad necesaria para vivir de una forma independiente. Incluso así, después de salir del útero necesita de unos cuidados

constantes y sin remisiones durante un período de tiempo, antes de que pueda confiarse en que se cuidará por sí mismo.

Sin embargo, el asunto de la atención necesaria resulta, genéticamente, irrelevante. El huevo fertilizado es ya un organismo separado, con sus características genéticas fijadas y únicas.

El primer paso en su desarrollo del huevo fertilizado es que se divide en dos células, unidad entre sí. Cada una de esas dos células se divide de nuevo, y cada una de las cuatro resultantes se divide una vez más, y así una y otra vez.

Si, después de la primera división celular, las dos células hijas, por alguna razón, llega a suceder que se separen, cada célula hija se desarrollará hasta un organismo completo por sí misma. El resultado es un par de gemelos idénticos, cada uno con la misma dotación genética y cada uno del mismo sexo, naturalmente. En cierto sentido, cada gemelo en un clon del otro.

No existe razón para suponer que esta separación de las células hijas no pueda tener lugar una y otra vez, de forma que tres o cuatro, o cualquier número de organismos, lleguen a desarrollarse desde el huevo fertilizado originario. Como asunto práctico, en general, no obstante, un útero materno sólo puede albergar un número determinado, y si hay muchos organismos que se desarrollan, lo más seguro es que sean más pequeños que un solo organismo. Cuanto más organismos se desarrollen, más pequeño será cada uno y, la final, serán demasiado pequeños para poder sobrevivir después del parto.

Existen cosas semejantes como trillizos y cuatrillizos idénticos, pero dudo que cualquier número superior de hijos sobreviviese mucho después del nacimiento sin las ventajas de las modernas técnicas médicas. Incluso así, resulta bastante difícil.

Los gemelos idénticos son muy parecidos el uno al otro y, a menudo, exhiben características del tipo mirarse en un espejo. (En una ocasión, tuve un profesor de Química cuya nariz se decantaba hacia la izquierda. Su idéntico hermano gemelo tenía una nariz, según me dijeron, que se inclinaba a la derecha.)

Sin embargo, es también posible, aunque no usual, para una mujer el expulsar dos células diferentes ovulares para que se fertilicen al mismo tiempo. Si ambas son fertilizadas, nacerán dos hijos que poseerá cada uno un equipo genético diferente entre sí. El resultado serán dos «gemelos fraternos», que no necesitarán tener el mismo sexo y cuyas necesidades de parecerse entre sí no serán mayores de lo que sucede en general.

Consideremos de nuevo el huevo fertilizado. Cada vez que se divide y vuelve a dividirse, las nuevas células que se formen heredarán la misma dotación gen ética poseída por el huevo fertilizado original.

En otras palabras, cada célula individual de su cuerpo, posee el equipo genético de cualquier otra célula y de la del huevo fertilizado original. Puesto que los genes dominan el funcionamiento químico de una célula, ¿por qué, en ese caso, las células de su huevo no pueden hacer el trabajo de las células del corazón; la célula de su hígado no puede hacer el mismo trabajo que una célula de los riñones; por qué ninguna célula puede hacer el trabajo de las células del huevo fertilizado y producir un nuevo organismo?

La respuesta es que, aunque todos los genes estén presentes en cada célula de su cuerpo, no funcionan de una forma igual. La célula es una reunión intrincada de reacciones químicas, bloques químicos de construcción, productos químicos y estructuras físicas, todas las cuales se influyen entre sí. Algunos genes son desinhibidos, otros estimulados, en una variedad de formas que dependen de factores sutiles, con el resultado de que las diferentes células del cuerpo poseen una dotación genética en donde sólo unas partes características funcionan en unos índices característicos.

Tal desarrollo especializado comienza en el embrión más temprano, puesto que unas células se encontrarán en el exterior del embrión, otras en el interior; algunas con más de la yema originaria y otras con menos; algunas con la primera posibilidad de absorber los nutrientes desde el torrente sanguíneo materno, otros con sólo una posibilidad posterior. Los detalles

son, claramente, de la mayor importancia para la biología humana, y los biólogos aún no las conocen.

Naturalmente, las ordinarias «células somáticas» de un cuerpo adulto humano, con su dotación genética funcionando de forma altamente especializada, no pueden dividirse en un organismo total si se dejan a sí mismas. Numerosas células corporales, como las de los músculos o los nervios, se han vuelto tan especializadas que no pueden dividirse en absoluto. Sólo las células sexuales, óvulos y esperma, conservan la falta de especialización genética requerida para producir un nuevo organismo bajo las circunstancias apropiadas.

¿Existe alguna forma de dejar de especializar la estructura genética de algunas células somáticas, para permitirlas desarrollarse en un nuevo organismo?

Verán, los genes están contenidos en el núcleo de la célula, que constituye una pequeña porción del total y marcada por una membrana propia. En el exterior del núcleo se encuentra el citoplasma de una célula, y es el material del citoplasma el que provee de los diferentes productos químicos que servirán para inhibir o estimular la acción de los genes.

Supongamos, pues, que el núcleo de una célula somática estuviese rodeada por el citoplasma de una célula ovular. ¿Podría desbloquearse su dotación en el núcleo, y podría la célula ovular proceder a dividirse y volverse a dividir? ¿Continuaría hasta formarse un individuo con la dotación genética de la célula somática original, y por ello de la persona de la que se ha tomado esa célula somática? Y si es así, el nuevo organismo sería un clon de la persona que hubiese donado la célula somática.

La técnica ha sido intentada en diferentes animales. Se empieza por una célula ovular sin fertilidad y se trata de una forma que se extraiga su núcleo, ya sea seccionándolo de una forma delicada o empleando algún proceso químico. En el lugar del núcleo extraído de la célula del huevo se inserta el núcleo de una célula somática de la misma (o, posiblemente, incluso de otra) especie, y luego se deja que la Naturaleza obre por sí misma.

Esto se ha intentado con animales tan complejos como un renacuajo.

No obstante, deja de ser tan sencillo a partir de la rana. Los huevos de rana son desnudos y pueden manipularse con facilidad. Se desarrollan en el agua y es posible dejarlos allí después de la micro-operación.

Los huevos de los reptiles y aves, no obstante, están encerrados en cáscaras, lo cual añade dificultades técnicas. Los huevos de mamífero son muy pequeños, muy delicados y se dañan con facilidad. Además, incluso aunque se remplace el huevo de un mamífero, deberá ser implantado en el útero de una hembra y permitir que llegue allí a su término.

Los problemas prácticos de la clonación de los mamíferos son tales, que no existe posibilidad de que, durante algún tiempo aún, se llegue a alcanzar el éxito.[31] No obstante, los biólogos están tan ansiosos por llevar a cabo esta hazaña, que lo intentan con todas sus fuerzas. Llegado el momento, no existe la menor duda de que alcanzarán el éxito. ¿Y para qué propósito?

Si la clonación pudiese realizarse al por mayor, un biólogo podría tener todo un grupo de animales con idéntica dotación genética, una serie de diez mil ratones idénticos gemelos, por ejemplo. Habría numerosos animales experimentales que podían ser tratados con la esperanza de unos resultados más provechosos, siempre y cuando el asunto de la variación genética pudiese eliminarse.

Con la adición de otras técnicas de ingeniería genética, sería posible producir toda una serie de animales, con idéntico equipo genético, excepto que, en ese caso, un gen es quitado o alterado, tal vez un gen diferente en cada individuo. La ciencia de la genética podría avanzar entonces con botas de siete leguas.

También existirían usos prácticos. Un toro de mucho precio o una gallina campeona en poner huevos podrían ser clonados

[31] De todos modos, desde que este artículo se publicó por vez primera, ya ha tenido lugar. Se ha clonado a los ratones.

y las características genéticas, responsables de este aspecto del animal que le hace romper tantas marcas, podría preservarse sin la posibilidad de disminución por la actuación recíproca de los genes obtenidos de un segundo padre.

Además, las especies en peligro podrían aumentar sus posibilidades de supervivencia, si tanto los machos como las hembras fuesen clonados una y otra vez. Cuando el número de individuos hubiese aumentado lo suficiente, se permitiría la reproducción sexual de nuevo.

Podemos incluso soñar con encontrar un mamut helado y con algunos núcleos celulares no del todo muertos. Entonces sería posible clonar uno de ellos a través del útero de una elefanta, y si pudiésemos conseguir un macho y una hembra de mamut...

En realidad, si la clonación se exagera, la ventaja evolutiva de la reproducción sexual se encuentra en cierta medida neutralizada, y acabaríamos en una especie en la que la variabilidad genética sería demasiado estrecha para una supervivencia a largo término.

Resulta importante recordar que la más importante posesión genética de cualquier especie no es este o aquel gen, *sino todo el saco mezclado.*

Cuando mayor sea la variedad de los genes disponibles en una especie, más segura está contra las vicisitudes de la fortuna. La existencia de desórdenes congénitos y deficiencias de genes es el precio pagado por la ventaja de la variedad y versatilidad.

¿Y qué hay acerca de los seres humanos clonados, lo cual es, a fin de cuentas, el tema principal de la Canción de Randall?

Todo esto tal vez no sea tan importante como usted piensa. La perspectiva de esa importancia descansa, principalmente, en ciertos malentendidos por parte del público. Por ejemplo, algunas personas jadean ante los clones porque piensan que se encuentran en el umbral de la inmortalidad personal. Están equivocados por completo.

Su clon no es *usted.* Su clon es su hermano gemelo (o hermana), y no es más usted que lo que puede serlo su ordinario e

idéntico hermano gemelo. Su clon no tiene su conciencia, y si usted *muere*, usted está *muerto*. No puede vivir en su clon. Una vez se comprenda esto, sospecho que gran parte del interés sobre los clones desaparecerá.

Algunas personas temen a los clones, por otra parte, porque se imaginan que los retrasos mentales pueden ser clonados a fin de constituir con ellos un gran ejército de carne de cañón para los déspotas y que serían de gran utilidad para la conquista del mundo.

¿Por qué preocuparse? Nunca ha habido ninguna dificultad en encontrar personas para carne de cañón en ninguna parte del mundo, ni siquiera sin clonación, y el proceso ordinario de suministrar nuevos soldados para los déspotas es infinitamente más barato que la clonación.

De una forma más razonable, se puede argüir que el clon de un gran ser humano conservaría su equipamiento genético y, por lo tanto, podría haber otro ser humano de la misma clase. En este caso, el uso principal de la clonación sería el reproducir genios.

Y eso, me parece, sería una pérdida de tiempo. No vamos, necesariamente, a tener que producir millares de genios trascendentales de un Einstein, o millares de villanos diabólicos como un Hitler.

A fin de cuentas, un ser humano es más que sus genes. Su clon es el resultado de su núcleo al ser colocado en una célula ovular extraña, y el citoplasma extraño en esa célula ovárica tendrá, seguramente, un efecto sobre el desarrollo del clon. El huevo deberá ser implantado en un útero extraño y eso, también, tendrá influencia sobre el desarrollo del organismo.

Aunque una mujer debiera tener uno de sus núcleos somáticos implantados en una de sus propias células ováricas, si hubiese que implantar luego la célula del huevo en el útero de su propia madre (que vamos a suponer que sea aún capaz de llevar a cabo el embarazo de un niño), el nuevo organismo nacerá en circunstancias diferentes y esto también tendría un efecto sobre la personalidad.

Por ejemplo, supongamos que usted desea un centenar de Isaac Asimov, para que el abastecimiento de ensayos a *F & SF* nunca flaquee. Debería pedir lo que ha hecho de mí la clase de escritor que soy, o un escritor a secas. ¿Eran sólo mis genes?

Fui educado en una confitería bajo un padre de la escuela antigua que, aunque era judío, constituía la corporización viviente de la ética protestante. Me hicieron trabajar incesantemente hasta que ya no pude hacer otra cosa. Además fui criado durante la Gran Depresión y tenía que encontrar una forma de ganarme la vida, o bien heredar la confitería, lo cual era algo que yo no quería hacer. Al mismo tiempo, viví en un tiempo en que las revistas de ciencia ficción, y las revistas de poca categoría en general, se iban haciendo cada vez más fuertes, y cuando un hombre joven podía vender relatos escritos torpemente porque la demanda era mucho mayor que la oferta.

Todo esto en conjunto, se deletrea en realidad sólo como yo. Los clones de Isaac Asimov, una vez que creciesen, simplemente no vivirían en el mismo contexto social que yo, ni estarían sometidos a las mismas presiones, ni tendrían tampoco las mismas oportunidades. Y lo que es más, cuando escribo, simplemente escribo, no se espera nada particular de mí. Cuando mis clones escribiesen, sus productos serían siempre comparados con el Gran Oriental, y eso descorazonaría y lo estropearía todo.

El resultado final sería que, aunque mis clones, o algunos de ellos, pudiesen convertirse en ciudadanos valiosos de una clase u otra, sería muy improbable que cualquiera de ellos llegase a ser otro Isaac Asimov, y su producción carecería de valor. Lo bueno que podría conseguirse no valdría la reducción que representaría en la total variabilidad genética de la Humanidad.

Sin embargo, tampoco cabe decir que la clonación sea algo totalmente carente de valor. Podrían existir ventajas puramente teóricas al estudiar el desarrollo de los embriones, con variaciones conocidas en sus genes que, excepto para esas variaciones, tendrían idéntico equipamiento genético. (Esto alzaría se-

rias cuestiones éticas, como sucede con todo tipo de experimentación humana, pero éste o es el tema principal en este momento.)

Luego, supongamos también que fuese posible aprender lo suficiente acerca del desarrollo embriónico humano, para guiar a los embriones por toda clase de veredas especializadas, que producirían una clase de monstruo que tuviese un corazón de tamaño enorme, mientras todo lo demás sería vestigial, o un riñón del tamaño de un hombre, o unos pulmones, o hígado, o piernas con iguales características. Con sólo un órgano desarrollándose, con técnicas de crecimiento forzado (en el laboratorio, naturalmente, y no en el útero humano), podrían lograrse desarrollos de semejante tamaño en cosa de sólo unos meses.

Podemos por ello imaginar que, en el nacimiento, cada ser humano individual fuese objeto de unas biopsias sacadas de un dedito del pie, hasta conseguir unos centenares de células vivientes, que podrían ser, al instante, congeladas y destinadas para un posible uso. (Esto se efectúa al nacer, porque cuanto más joven es la célula tanto más eficientemente es factible de clonar.)

Estas células servirían como eventuales bancos de órganos para el futuro. Si llegase el momento en que a un adulto empezase a fallarle el corazón, o tuviese un páncreas en declive, o cualquier otra cosa; o si se hubiese perdido una pierna en un accidente o hubiese habido que amputarla. En ese caso, todas esas células congeladas desde hacía tanto tiempo, se descongelarían y entrarían en función.

Entonces crecería un órgano de repuesto y, dado que poseería, exactamente, el mismo equipo genético que el viejo, el cuerpo no lo rechazaría. Seguramente, ésta sea la mejor aplicación posible de la clonación.

LOS CIENTÍFICOS

XIV. DESGRACIADAMENTE, TODOS SOMOS HUMANOS

Cuando estaba trabajando en la investigación para mi tesis doctoral sobre los tiempos medievales, mi presentaron una innovación. Mi profesor de investigaciones, Charles R. Dawson, había establecido una nueva clase de agenda de datos, que podía conseguirse en la librería universitaria por cierto número de monedas del reino.

Estaba confeccionado con un duplicado de páginas numeradas. En cada par, una página estaba en blanco, y firmemente cosida a la encuadernación, mientras que la otra era de color amarillo y estaba perforada para que pudiese quitarse con facilidad.

Se colocaba una hoja de papel carbón entre la hoja blanca y la amarilla cuando uno registraba sus datos experimentales y, al final de cada día, se arrancaban las páginas duplicadas y se entregaban. Una vez a la semana, o cosa así, el profesor se dedicaba a ver contigo las páginas.

Este sistema me causaba cierta incomodidad periódica, puesto que el hecho es, Gentil Lector, que, simplemente, no soy demasiado hábil para las cosas de laboratorio. Me falta destreza manual. En cuanto estoy por allí, los tubos de ensayo se caen y los reactivos se niegan a realizar sus acostumbradas tareas. Ésta era una de las varias razones que hicieron fácil para mí, con el paso del tiempo, elegir una carrera de escritor en vez de una de investigador.

Cuando comencé mi trabajo de investigación, una de mis primeras tareas fue aprender las técnicas experimentales implicadas en las distintas investigaciones que nuestro grupo estaba

llevando a cabo, y realizaba cierto número de observaciones bajo cambiantes condiciones, que luego tenía que pasar sus resultados a una gráfica de papel. En teoría, estos valores debían descender en una curva suave. En realidad, los valores se esparcieron sobre la gráfica de papel como si hubiesen sido disparados con una escopeta. Tracé la curva teórica entre aquel revoltijo, puse la etiqueta de «curva de escopeta» y lo pasé a la copia al carbón.

Mi profesor se sonrió cuando le tendí la hoja, y yo tuve que asegurarle que lo haría mejor con el tiempo.

Lo hice..., en parte. No obstante, llegó la guerra y transcurrieron años antes de que regresase al laboratorio. Y allí estaba el profesor Dawson, que había salvado mi curva de escopeta para enseñársela a la gente.

Le dije:

—¡Caramba, profesor Dawson! No debería reírse de mí de esa manera.

Y me respondió muy serio:

—No me río de ti, Isaac. Me estoy jactando de tu integridad...

Más tarde, me intrigó saber qué quería decir. Había, deliberadamente, montado aquel sistema de las páginas duplicadas para poder seguir, con exactitud, lo que hacíamos cada día, y si mi técnica experimental seguía siendo desesperadamente de aficionado, no tenía otra elección que revelar el hecho a mi profesor a través de la copia al papel carbón.

Y luego, un día, nueve años después de haber conseguido mi doctorado en Filosofía, pensé acerca de ello, y de repente se me ocurrió que no había habido necesidad de registrar mis datos directamente en mi agenda. Podía haberlo conservado en un trozo de papel y luego *trasladado* las observaciones, de una forma clara y en buen orden, a las páginas duplicadas. En aquel caso, podía haber omitido cualquier tipo de observaciones que no me pareciesen bien.

En realidad, al conseguir aquel análisis tardío de la situación, se me ocurrió que resultaba incluso posible introducir cambios en los datos para que presentasen mejor aspecto, o

hasta inventar datos a fin de demostrar una tesis y *luego* trasladarlos a las páginas del duplicado.

De repente, me percaté de por qué el profesor Dawson había pensado aquello, cuando le entregué mi «curva de escopeta», como una prueba de integridad, y me sentí terriblemente incómodo.

Me gusta creer que poseo integridad, pero aquella «curva de escopeta» no constituye una prueba de ello. No prueba nada, todo lo más demuestra mi carencia de sofisticación.

Me sentí incómodo por otra razón. Por no haber pensado en ello. Durante todos aquellos años desde la «curva de escopeta», los trucos científicos han sido, literalmente, inconcebibles para mí, y ahora los concibo y me siento un poco peor que antes. De hecho, me encontraba en aquel punto en el proceso de cambiar mi carrera para convertirme en un escritor a jornada completa, y me siento aliviado de que esto haya sucedido. Pensando ahora ya en los trucos, ¿podría confiar en mí de nuevo?

Traté de exorcizar esta sensación al escribir mi primera novela totalmente de misterio, una en la que un estudiante de investigación trata de forzar sus datos experimentales, y muere como resultado directo de ello. Apareció en un libro de bolsillo original titulado *The Death-Dealers* («Avon», 1958), y fue también reeditado más tarde, en tela, con su título propio de *A Whiff of Death* («Walker», 1967).

Y, últimamente, el tema ha caído una vez más bajo mi atención...

La Ciencia, en abstracto, es un mecanismo que se corrige a sí mismo y que busca la verdad. Pueden existir errores y malas interpretaciones debidas a unos datos incompletos o erróneos, pero el movimiento va de lo menos cierto a lo más cierto.[32]

No obstante, los científicos no son la Ciencia. Por gloriosa, noble y supernaturalmente incorruptible que sea la Ciencia, los científicos son, desgraciadamente, sólo humanos.

---

32 Para que alguien no me pregunte «¿Qué es la verdad?», definiré la medida de «verdad», según la extensión que una concepción, teoría o ley natural se adecua a los fenómenos observados del Universo.

Dado que es algo poco cortés el suponer que un científico pueda ser deshonesto, y aún resulta más descorazonador averiguar, de vez en cuando, que alguno de ellos lo es, no constituye, sin embargo, algo que deba ser tomado en cuenta.

Realmente, no se permite a ninguna observación científica entrar en los libros de cuentas de la Ciencia hasta que haya sido confirmada de una forma independiente. La razón radica en que cada observador, y cada instrumento, son susceptibles de imperfecciones y desviaciones por lo que, incluso dando por sentada una integridad perfecta, las observaciones pueden tener defectos. Si otro observador, con otro instrumento y con otras imperfecciones y desviaciones, hace la misma observación, en ese caso la mencionada observación tiene una probabilidad razonable de estar en posesión de una verdad objetiva.

Este requisito de la confirmación independiente también sirve, no obstante, para tomar en cuenta el hecho de que la asunción de la perfecta integridad puede no ser tal. Nos ayuda a contrarrestar la posibilidad de la deshonestidad científica.

La deshonestidad científica procede, en grados diversos, de la venalidad; algo casi perdonable.

En los tiempos antiguos, una variedad de deshonestidad intelectual era pretender que, lo que habías logrado, era en realidad producto de un notable del pasado.

Podemos comprender la razón de esto. Cuando los libros sólo podían producirse y multiplicarse de una forma penosa y por copiado manual, no podía tenerse a mano cualquier fragmento escrito. Tal vez la única forma de presentar tu trabajo al público sería hacer ver que había sido escrito por Moisés, o Aristóteles o Hipócrates.

Si la obra de dicho pretendiente resulta algo bobo y sin valor, el alegar que constituya el producto de un gran hombre del pasado, confundía a los estudiosos y enrevesaba la Historia, hasta que el tiempo enderezaba las cosas.

Sin embargo, resulta particularmente trágico el caso del autor que produce una gran obra, respecto de la cual pierde su crédito para siempre. Así, uno de los alquimistas más grandes fue un árabe llamado Abú Musa Yabir ibn Hayyan (721-815).

Cuando sus obras se tradujeron al latín, su nombre quedó trascrito como Geber, y de este modo se suele hablar de él.

Entre otras cosas, Geber preparó el albayalde, el ácido acético, el cloruro amónico y el ácido nítrico débil. Y lo más importante de todo, describió sus procedimientos con sumo cuidado, e instauró la forma (no siempre seguida) de hacer posible, para otros, el repetir su trabajo y comprobar por sí mismos que sus observaciones resultaban válidas.

Hacia 1300, vivió otro alquimista que realizó el más importante de los descubrimientos alquímicos. Fue el primero en describir la preparación del ácido sulfúrico, el más importante producto químico industrial empleado hoy, y que no se encuentra como tal en la Naturaleza.

Este nuevo alquimista, a fin de verse publicado, atribuyó su descubrimiento a Geber, y se publicó bajo este nombre. ¿El resultado? Que podemos hablar sólo de Seudo Geber. El hombre que realizó este gran descubrimiento es desconocido para nosotros por su nombre, tampoco sabemos su nacionalidad, ni siquiera el sexo, puesto que este hallazgo pudo también haber sido obra de una mujer.

Mucho peor es el pecado contrario, el de adquirir fama por algo que no es de uno.

El caso clásico se refiere al sacrificio de Niccolo Tartaglia (1500-1557), matemático italiano que fue el primero en elaborar un método general para resolver las ecuaciones de tercer grado. En aquellos días, los matemáticos se planteaban problemas los unos a los otros, y su reputación descansaba en su habilidad para resolver aquellos problemas. Tartaglia pudo solucionar problemas que comprendían ecuaciones de tercer grado, y planteó problemas de dicha clase que los demás encontraban insolubles. En aquellos días resultaba algo natural el mantener secretos semejantes descubrimientos.

Otro matemático italiano, Girolamo Cardano (1501-1576), consiguió con halagos que Tartaglia le cediese el método, bajo solemne promesa de guardar el secreto..., y más tarde lo publicó. Cardano admitió haber tomado aquello de Tartaglia, pero no lo dijo en voz demasiado alta, y el método para resolver las

ecuaciones de tres incógnitas se sigue aún llamando regla de Cardano, incluso en nuestros días.

En cierto modo, Cardano (que era un gran matemático por derecho propio) se vio justificado. Los conocimientos científicos que son conocidos, pero que no se publican, resultan inútiles a la Ciencia en su conjunto. Es la publicación lo que hoy se considera crucial y la fama, por consentimiento general, es para quien lo publica primero y no para el primero que lo descubre.

La regla no existía en el tiempo de Cardano, pero si lo hubiésemos leído en aquel tiempo, el crédito también se le atribuiría de todos modos a Cardano.

(Naturalmente, cuando la publicación se retrasa, sin que esto sea culpa del descubridor, puede existir una trágica pérdida de crédito, y se han dado gran número de casos así en la Historia de la Ciencia. Éste, no obstante, es sólo un inevitable efecto lateral de la regla, que sigue siendo, en general, una muy buena.)

Se puede justificar la publicación de Cardano con mucha mayor facilidad que el hecho de que quebrantase su promesa. En otras palabras, los científicos pueden hoy no estar realizando ninguna deshonestidad científica y, sin embargo, comportarse de una forma solapada en los asuntos que se refieren a la Ciencia.

El zoólogo inglés Richard Owen estuvo, por ejemplo, muy en contra de la teoría darviniana de la evolución, sobre todo porque Darwin postulaba cambios al azar que le parecía que negaban la existencia de un propósito en el Universo.

Owen tenía derecho a mostrarse en desacuerdo con Darwin. Incluso también formaba parte de su derecho el discutir la teoría darviniana de palabra y por escrito. Sin embargo, resulta desaliñado escribir sobre el tema cierto número de artículos anónimos, y en dichos artículos citarse trabajos propios con reverencia y aprobación.

Como es natural, siempre resulta de lo más impresionante el citar autoridades. Resulta mucho menos impresionante citarte a ti mismo. Aparecer como si estuvieses haciendo lo primero, cuando realmente lo que estás haciendo es lo último, es

algo deshonesto, incluso aunque se sea una autoridad aceptada. Se trata de una diferencia psicológica.

Owen creó demagogos y confeccionó discusiones antidarwinianas, para que hiciesen resaltar puntos emocionales o groseros que se hubiese avergonzado de realizar por sí mismo.

Otro tipo de imperfección surge del hecho de que los científicos son muy propensos a enamorarse de sus propias ideas. Siempre constituye un choque emocional el tener que admitir que uno está equivocado. Por lo general, uno se retuerce, forcejea y se agita en un esfuerzo para salvar la teoría propia, y se agarra a cualquier cosa mucho tiempo después de que los demás ya hayan cejado.

Esto es tan humano, que apenas requiere de comentarios, pero se convierte en algo particularmente importante para la Ciencia, cuando el científico en cuestión se ha convertido en anciano, famoso y honrado.

El ejemplo más característico de esto es el del sueco Jöns Jakob Berzelius (1779-1848), uno de los mayores químicos de la Historia, el cual, en sus últimos años, se convirtió en una fuerza poderosa de conservadurismo científico. Había elaborado una teoría de las estructuras orgánicas de la que no quería apartarse, y de la que el resto de los químicos no se atrevían a desviarse por miedo a sus rayos...

El químico francés Auguste Laurent (1807-1853), en 1836 presentó una teoría alternativa, que ahora sabemos que estaba más cerca de la verdad. Laurent acumuló firmes evidencias en favor de su teoría, y el químico francés Jean Baptiste Dumas (1800-1884) se encontró entre quienes le respaldaron.

Berzelius contraatacó furiosamente y, no atreviéndose a colocarse él mismo en oposición al gran hombre, Dumas le retiró su primitivo apoyo. No obstante, Laurent se mantuvo firme y continuó acumulando pruebas. Por ello fue recompensado con ser puesto en la lista negra de los más famosos laboratorios. Se supone que contrajo la tuberculosis como resultado de trabajar en unos pobremente caldeados laboratorios de provincias y, además, falleció a mediana edad.

Una vez murió Berzelius, las teorías de Laurent comenzaron a ponerse de moda, y Dumas, recordando su primer apoyo a las mismas, trató ahora de reclamar más allá de su justa participación en el crédito, demostrando ser más bien deshonesto después de haber probado ser ante todo un cobarde.

El *establishment* científico resulta a veces tan difícil de convencer respeto del valor de las nuevas ideas, que el físico alemán Max Planck (1858-1947), gruñó una vez que la única forma de lograr avances revolucionarios en la ciencia aceptada, consistía en aguardar a que muriesen todos los científicos ancianos.

Luego existe también una cosa que podría llamarse exceso de ansias por realizar algún descubrimiento. Incluso los más firmemente honestos científicos pueden verse tentados al respecto.

Tomemos el caso del diamante. Tanto el grafito como el diamante son formas de carbono puro. Si el grafito se comprime con gran intensidad, sus átomos se transformarían en la configuración del diamante. La presión no necesita ser muy alta si la temperatura se eleva tanto que los átomos puedan moverse y deslizarse fácilmente. ¿Cómo, pues, conseguir la apropiada combinación de elevada presión y altas temperaturas?

El químico francés Ferdinand Frédéric Moissan (1852-1907) se dedicó a esta tarea. Se le ocurrió que el carbono se disolvería en cierta extensión en hierro líquido. Si el hierro molido (a temperaturas más bien elevadas, como es natural) se dejase solidificar, también se contraería. El hierro contraído puede ejercer una alta presión sobre el carbono disuelto, y la combinación de elevada temperatura y alta presión podrían constituir el truco. Si el hierro disuelto desapareciese, deberían encontrarse pequeños diamantes en los residuos.

Ahora conocemos con detalle las condiciones bajo las cuales el grafito se convertirá en carbono, y sabemos también, más allá de toda duda, que las condiciones de los experimentos de Moissan eran insuficientes para este propósito. Posiblemente, no hubiera llegado a producir diamantes.

Pero, en realidad, así lo hizo.

En 1893, exhibió varios pequeños e impuros diamantes y una astilla de un diamante incoloro, de medio milímetro de longitud, que afirmó haber fabricado del grafito.

¿Cómo era posible? ¿Estaría mintiendo Moissan? ¿O qué valor podía haber representado esto para él, dado que nadie, posiblemente, confirmaría el experimento y él mismo sabía que estaba mintiendo?

Incluso debió de haberse vuelto ligeramente loco con el asunto de los diamantes, y la mayoría de los historiadores de la Ciencia han preferido suponer que uno de los ayudantes de Moissan introdujo los diamantes como una broma hecha al jefe. Moissan picó, lo anunció y el bromista ya no pudo retractarse.

Más peculiar aún es el caso del físico francés René Prosper Blondlot (1849-1930).

En 1895, el físico alemán Wilhelm Konrad Roentgen (1845-1923) había descubierto los rayos X y, en 1901, recibido el Premio Nobel de Física. En aquel período se habían descubierto otras extrañas radiaciones: los rayos catódicos, los rayos canales, los rayos radiactivos. Tales descubrimientos condujeron a la gloria científica, y Blondlot ansiaba también conseguir alguna, lo cual es bastante natural.

En 1903, anunció la existencia de los «rayos N» (que denominó de esta forma en honor de la Universidad de Nancy, donde trabajaba). Los obtuvo colocando sólidos, tales como acero endurecido, bajo un esfuerzo. Los rayos podían detectar y estudiarse por el hecho (según decía Blondlot) de que brillaban en una pantalla de pintura fosforescente, que era ya débilmente luminosa. Blondlot alegó ver el brillo, y algunos otros afirmaron también poder hacerlo.

El problema principal era que las fotografías no mostraban el brillo, y que ningún instrumento, más objetivo que el ansioso ojo humano, respaldaba las alegaciones del fulgor. Un día, un espectador se metió sin ser visto en el bolsillo una parte indispensable del instrumento que Blondlot estaba usando. Blond-

lot, inconsciente de esto, continuó viendo el brillo y «demostrando» su fenómeno. Finalmente, el espectador sacó la pieza y un furioso Blondlot, intentó golpearle.

¿Fue Blondlot un falsario consciente? En cierto modo he llegado a creer que no. Que, simplemente, deseaba creer en algo de una forma desesperada... y así lo hizo.

Las súper-ansias de descubrir o probar algo puede llevar hoya realizar falsificaciones con los datos.

Consideremos, por ejemplo, al botánico austriaco Gregor Mendel (1822-1884). Descubrió la ciencia de la Genética y elaboró, correctamente del todo, las leyes básicas de la herencia. Hizo esto cruzando plantas de guisantes verdes y contando la descendencia con diversas características. Así descubrió, por ejemplo, la proporción de tres a uno en la tercera generación del cruce de una característica dominante con otra recesiva.

Los números que obtuvo, a la luz del posterior conocimiento, parecen ser, no obstante, un poco demasiado buenos. Deberían haber estado más esparcidos. Por ello, algunas personas creen que encontró excusas para corregir los valores que se desviaban demasiado ampliamente de lo que había dado como reglas generales.

Eso no afecta a la importancia de sus descubrimientos, pero la materia que se refiere a la herencia se encuentra demasiado cerca del corazón de los seres humanos. Nos interesamos muchísimo más por la relación entre nuestros antepasados y nosotros mismos, de como lo estamos en los diamantes, las radiaciones invisibles y la estructura de los compuestos orgánicos.

De este modo, algunas personas están ansiosas por dar a la herencia una mayor porción de su crédito que respecto de las características de las personas individuales y los grupos de gente; mientras tanto, otros están ansiosos de conceder este crédito al medio ambiente. En general, los aristócratas y los conservadores se inclinan hacia la herencia, en tanto que los demócratas y los radicales se inclinan hacia el medio ambiente.[33]

---

[33] Dado que nunca he pretendido glorificar mi propia objetividad, puedo decirles ahora mismo que me inclino por el medio ambiente

Aquí, las emociones de cada cual pueden verse grandemente comprometidas, hasta el punto de creer que uno o el otro punto de vista *debe* de ser así, lo sea o no. En apariencia, sin daros cuenta, una vez se empieza a pensar de esta forma, nos apoyamos un poco demasiado en los datos.

Supongamos que se es en extremo partidario del medio ambiente (mucho más de como yo lo soy). La herencia se convierte en una fruslería.

Cualquier cosa que se herede lo cambiará por la influencia del medio ambiente y lo pasará a sus hijos, que a su vez lo cambiarán de nuevo, y así indefinidamente. Esta noción de extrema plasticidad de los organismos se denomina «la herencia de las características adquiridas».

El biólogo austriaco Paul Kammerer (1880-1926) creía en la herencia de las características adquiridas. Mientras trabajaba, a partir de 1918, con salamandras y sapos, trató de demostrar todo esto. Por ejemplo, existen algunas especies de sapos en los que el macho tiene coloreadas de oscuro las almohadillas de las patas. El sapo partero no tiene esta característica, pero Kammerer intentó introducir condiciones de medio ambiente que originasen que el macho de sapo partero desarrollara esas almohadillas de las patas de color oscuro, aunque no lo hubiese heredado.

Alegó haber conseguido tales sapos parteros, y los describió en sus artículos, pero no dejó que fuesen examinados de cerca por los demás científicos. Algunos de los sapos parteros, sin embargo, fueron al fin conseguidos por los científicos y las almohadillas de las patas demostraron haber sido oscurecidas con tinta china. Presumiblemente, Kammerer se había visto llevado a esto a través de lo extremado de su deseo de «probar» su caso. Después de haber sido desenmascarado, se suicidó.

Existen igualmente fuertes tendencias a probar lo inverso: demostrar que la inteligencia de uno, por ejemplo, se transmite a través de la herencia, y que puede hacerse muy poco por medio de la educación y de un tratamiento civilizado para hacer una lumbrera de una persona más bien estúpida.

Esto tendería a establecer la estabilidad social en beneficio de aquellos de los tramos superiores de la escala económica y social. Ello confiere a las clases superiores la cómoda sensación de que aquellos de sus colegas humanos que se encuentran entre el barro, se hallan allí a causa de sus propias fallas heredadas y que no resulta necesario hacer demasiado por ellos.

Un psicólogo que tuvo mucha influencia en esta clase de punto de vista fue Cyril Lodowic Burt (1883-1971). Perteneciente a las clases superiores inglesas, educado en Oxford, dando clases tanto en Oxford como en Cambridge, se dedicó a estudiar el CI de los hijos y los relacionó con aquellos otros CI del *status* ocupacional de los padres: altos profesionales, bajas profesiones, clérigos, mano de obra especializada, mano de obra semi-especializada, mano de obra sin cualificar.

Descubrió que los CI se adecuaban perfectamente con todas estas profesiones. Cuando más bajo se encontraba el padre en la escala social, más bajo era el CI del hijo. Parecía una perfecta demostración de que la gente debería saber cuál era su lugar. Puesto que Isaac Asimov era hijo de un tendero, Isaac Asimov debía esperar (como promedio) que sería también un tendero y no aspirar a competir con sus superiores.

Después de la muerte de Burt, sin embargo, se alzaron dudas referentes a estos datos. Hubo claras sospechas respecto de que había alterado la estadística.

Las sospechas fueron cada vez más en aumento y, el 29 de setiembre de 1978, apareció, en un número de *Science*, un artículo titulado «El asunto de Cyril Burt: Nuevos descubrimientos», por D. D. Dorfman, profesor de Psicología de la Universidad de Iowa. En la propaganda del artículo podía leerse: «Se demuestra que el eminente británico, más allá de cualquier duda razonable, fabricó los datos sobre CI y clase social.»

Y así es. Burt, al igual que Kammerer, deseaba creer algo, por lo que inventó los datos que lo demostrasen. Por lo menos, ésa es la conclusión a la que llega el profesor Dorfman.

Mucho antes de que tuviese cualquier tipo de sospecha de una infracción efectuada por Burt, había escrito un ensayo titulado «Pensando acerca de pensar» (véase *Planet that wasn't*

«Doubleday», 1976), en donde denuncié las pruebas de CI, y expresé mi desaprobación respecto de esos psicólogos que pensaban que las pruebas de CI eran lo suficientemente buenas como para determinar cosas tales como una inferioridad racial.

Un psicólogo británico en la vanguardia de esta investigación de CI, vio el ensayo tras mostrárselo su hijo y se puso furioso. El 25 de setiembre de 1978, me escribió una carta en que insistía respecto de que las pruebas de CI eran, culturalmente, justas, y que los negros se encontraban doce puntos por debajo de los blancos, incluso cuando eran similares las oportunidades de medio ambiente y de educación. Me sugirió que me limitase a las cosas que conocía.

Para cuando recibí la carta, ya había visto el artículo de Dorfman en *Science*, y noté que el psicólogo que me había escrito, había defendido fuertemente a Burt en *McCarthyite character assassination.* Aparentemente, también había descrito a Burt como «un mortífero crítico del trabajo de otras personas, cuando éste se aparta en cualquier forma de los mayores niveles de exactitud y consistencia lógica», y que «podía hacer trizas cualquier cosa de poca calidad o inconsistente». En otras palabras, se entreveía que Burt no sólo era deshonesto, sino que era un hipócrita en cualquier área de su deshonestidad. (Me parece que ésta no es una situación fuera de lo común.)

Por lo tanto, en mi breve respuesta a X le pregunté cuánta parte de su trabajo se basaba en los hallazgos de Dyril Burt.

Me escribió una segunda carta, el 11 de octubre. Esperaba otra desenfrenada defensa de Burt, pero, al parecer, cada vez se había vuelto más cauteloso respecto de él. Me dijo que el asunto del trabajo de Burt resultaba irrelevante; que había vuelto a analizar los datos disponibles, dejando de lado la contribución de Burt, y que no había encontrado diferencias en la conclusión final.

En mi respuesta, le expliqué que, en mi opinión, el trabajo de Burt era totalmente relevante. Le demostré que, en el campo de la herencia contra el medio ambiente, las emociones de los

científicos podían verse tan ferozmente implicadas, que resultaba posible que alguno de ellos se inclinase a falsificar los resultados con tal de demostrar su punto de vista.

En esas condiciones, resultaba claro que *cualesquiera* resultados en beneficio propio debían ser tomados *cum grano salis*...

Estoy seguro de que mi corresponsal era un hombre honesto, y no quisiera por nada del mundo arrojar ninguna clase de sospecha sobre su trabajo. Sin embargo, todo el campo de la inteligencia humana y su medición es aún una zona gris. Existe demasiada incertidumbre para que sea posible que se halle por completo dotado de honestidad e integridad, y aún nos enfrentamos con unos resultados de valor incuestionable.

Simplemente, no creo que sea razonable emplear las pruebas de CI para conseguir resultados de un valor cuestionable, y que sirvan para justificar a los racistas en sus propias mentes y colaboren a producir la clase de tragedias de las que ya hemos sido testigos a principios de este siglo.

De una forma clara, mis propios puntos de vista son también sospechosos. Puedo hallarme igualmente ansioso por probar lo que deseo probar, del mismo modo que le ocurriera a Burt, pero si debo correr la (honesta) posibilidad de errar, preferiría en cualquier caso hacerla en contra del racismo.

Y esto es todo.

LA GENTE

XV. EL ARMA NO SECRETA

Recientemente, en una más bien amplia reunión de un grupo de personas educadas, a la que debía dirigirme, fui presentado a otros en la tarima. En una ocasión así, sólo existe cierto número de observaciones estereotipadas que puedan encontrarse, y yo me divierto a veces respondiendo de una forma no estereotipada (si puedo pensar en alguna).

En esta ocasión, uno de los caballeros a los que fui presentado, se apresuró a tenderme la mano y me dijo:

—He oído hablar mucho de usted.

—Oh, estupendo —respondí, modestamente—, de esto saben mucho las damas.

El caballero irrumpió en unas risas estrepitosas y me respondió:

—¡Qué cosa más ingeniosa! ¿Por qué no pensaré en cosas de esa clase?

—¿Y por qué tendría que hacerlo? —repuse a mi vez—. Emplee la que acabo de inventar.

—Sería algo un poco difícil —prosiguió—. Soy ministro baptista...

Es igual, aunque llegue el caso en que se vuelvan inconvenientes, me gustan las ingeniosidades breves. Incluso he ideado algunas y aguardo las preguntas al respecto que, probablemente, nunca se me efectuarán.

Consideremos, por ejemplo, los días prehistóricos de la ciencia ficción y el gran papel que desempeñaron en ella las «armas secretas». Cuando el mandíbula prominente Kimball Seaton inventa, en domingo, un compresor planetario, que puede apartar a un lado las estrellas sin ningún retroceso, lo

construye el lunes y lo emplea el martes, resulta suficiente para *a)* arruinar a los viciosos reptiles sandivorianos, y *b)* arrobar de deleite el alma del lector.

Pero ya sabe. La ciencia ficción no inventa, por lo general, las cosas de la nada. Existe siempre alguna conexión aunque sea leve con la vida real, y también ha habido armas secretas en la historia reciente.

Así que verán: Aguardo a que alguien me pregunte:

—Doctor Asimov, ¿cuál ha sido la más relevante de las armas secretas de la Historia?

Y mi rápida y aguda respuesta sería:

—Una que no fuese secreta.

Permítanme que me explique. Cualquier arma debe ser secreta, si el enemigo no sabe nada acerca de la misma hasta que es empleada.

No obstante, si dos combatientes están muy igualados tecnológicamente, el mero hecho de que el arma se use hace que, en un tiempo increíblemente breve, el enemigo la tenga también.

Así en la Primera Guerra Mundial, los alemanes emplearon gas venenoso como arma secreta y los Aliados usaron tanques. En ambos casos, el primer ataque en que se hizo uso del arma secreta fue efectivo, pero antes de que pasase mucho tiempo el otro lado ya la poseía.

Aunque se dé el caso de que el arma secreta sea extremadamente complicada, y en extremo sin precedentes, y los detalles de su estructura hayan sido mantenidos en el mayor de los secretos, puede ser duplicada con sorprendente rapidez. En 1945, los norteamericanos emplearon la bomba de fisión nuclear sobre los japoneses y, hacia 1949, la Unión Soviética ya la tenía.

A fin de confinar nuestra discusión a las verdaderas armas secretas, debemos considerar las que no fueron duplicadas por el enemigo durante un considerable período de tiempo, o incluso después de que se revelase su uso y su existencia.

Y no olvide que estamos hablando acerca de combatientes que se encuentren en un estado de razonable equivalencia tecnológica. Las armas de fuego fueron, efectivamente, armas secretas para los indios cuando los europeos llegaron el continente americano. Y aunque los indios aprendieron a emplearlas, nunca aprendieron a hacerlas por sí mismos, como los europeos y sus descendientes realizaron en ambos continentes.

Si nos limitamos a las armas que siguieron secretas después de haber sido usadas, y que los enemigos, de un valor parecido tecnológicamente, no las adoptaron, aunque fuesen derrotados por ellas, en ese caso existe una, y sólo una, en la que pueda pensar. Fue empleada por una sola nación, durante cierto número de ocasiones, esparcidas en un sustancial período de tiempo, y nunca fue duplicada por ninguna otra nación. En realidad, sigue siendo un secreto *hoy*. Se trata del «fuego griego».

Suponemos que el fuego griego era una combinación de azufre, nafta, cal viva (óxido de calcio) y nitro (nitrato potásico). La nafta es una mezcla de hidrocarburos que se encuentra de forma natural en Oriente Medio, y que no se diferencia demasiado de la gasolina moderna.

Cuando se añade agua al fuego griego, reacciona con el óxido de calcio y desarrolla un calor considerable en el proceso, el suficiente para poner en ignición la nafta en presencia del oxígeno liberado por el nitrato potásico. Éste, a su vez, prende el azufre, haciéndolo arder y produciendo vapores asfixiante s de bióxido de azufre.

Si la mezcla de fuego griego se coloca en unos tubos de madera forrados de latón, y se inyecta un chorro de agua por detrás, estallará en llamas. El impulso del agua y la expansión de los escapes de gas formados, se combinará y lanzará la ardiente mezcla por el tubo a una distancia considerable. Si la mezcla ardiente alcanza la superficie del océano, flotará y arderá con la mayor fuerza.

Imagínense, pues, que un puerto es atacado por una flota enemiga, en un tiempo en que todos los navíos estaban construidos de madera. Si usted se encuentra en uno de los buques

de la flota enemiga, verá cómo un chorro de llamas es arrojado en su dirección y emitiendo vapores asfixiantes. Y lo que realmente aún horroriza más es el hecho de que no se extinga con el agua, sino que continúe flotando hacia usted hasta que, llegado el momento, prenderá su barco por la línea de flotación.

El terror del arma en sí desmoralizará a los atacantes y multiplicará el efecto de lo que ya ocurre con los navíos envueltos por las llamas.

El inventor del fuego griego se supone que fue un tal Calínico, referente al cual, aparte del invento, no se conoce nada con precisión, ni siquiera si nació en Siria o en Egipto. Al parecer, lo hizo en una de esas provincias y, cuando éstas cayeron en poder de los árabes hacia el año 640 d.C., huyó a Constantinopla y allí, con mucho tiempo a su disposición, realizó la citada mezcla.

Hacia 669, los triunfantes árabes, todos irradiando la nueva fe del Islam, habían arrollado el Asia Menor y se encontraban ya al otro lado del pequeño estrecho que les separaba de Constantinopla. El Imperio bizantino, del que Constantinopla era la capital, se derrumbaba bajo las múltiples catástrofes, y lo que mantenía la ciudad a salvo era la flota bizantina.

Pero los árabes habían aprendido a construir y gobernar navíos también y, en 672, una flota árabe se aproximó a la gran ciudad. Si la armada árabe podía abatir las defensas por mar de Constantinopla, la ciudad caería y, con ella, lo que aún quedaba del Imperio. Si los árabes se desparramaban a través de los Balcanes, sobre la moribunda Europa de las Edades Oscuras, no encontrarían nada que les detuviera. Lo mismo que el Irán, Irak y Egipto han quedado convertidos en una manera permanente al Islam, igual hubiera ocurrido con Europa.

Excepto que Constantinopla tenía el fuego griego. En 672 se empleó por primera vez, los navíos árabes ardieron, los marineros árabes fueron presa del pánico y Constantinopla se salvó. Y para aquellos que consideran importante que Europa siga siendo cristiana, esto fue una especie de milagro enviado por los cielos...

Cuando los árabes volvieron al asalto, en 717, sus navíos fueron de nuevo repelidos por el fuego griego y Constantinopla se salvó de nuevo.

El fuego griego fue empleado con ocasión de algún otro enfrentamiento naval en el siglo siguiente y luego, por alguna razón, dejó de emplearse aquella arma secreta que aún sigue inviolable.

Uno puede comprender la razón de por qué el fuego griego fuese secreto. Era una complicada mezcla química que los demás sólo veían cuando ya estaba ardiendo. Sin una muestra apagada para estudiarla, y con una tecnología química aún en estado embrionario, no es sorprendente que no pudiesen copiarla, o ni siquiera soñar en poder copiarla.

Pero tengo otra arma secreta en la mente, que era igual de aterradora y efectiva que el fuego griego y que, sin embargo, era tan simple que cualquiera podía ver de qué se trataba: cómo hacerla, cómo usarla y todo lo demás al respecto. Sin embargo, no era un arma realmente secreta, excepto que nadie (con una sola excepción a la que ya llegaré) la copió y adoptó. Meramente limitaron su reacción a ser derrotados por la misma.

Desde los tiempos prehistóricos, la mejor y más eficiente arma de largo alcance ha sido el arco y la flecha. (También estaba la honda, pero nunca llegó a ser algo de una popularidad comparable.)

El arco y la flecha era un arma tan simple y evidente, que resultaba muy difícil de mejorarla. La única cosa que podía hacerse era conseguir que la madera del arco fuese más rígida, y la cuerda del arco más fuerte, para que cuando se deformase, y luego se soltase, la vuelta a la normalidad fuese más rápida y la flecha enviada a mayor velocidad y, por lo tanto, a mayor distancia y con mayor poder de penetración. La dificultad consistía en que, cuanto más enérgicamente el arco se tendía para regresar a la normalidad, más difícil resultaba deformarlo en primer lugar. (No se consigue algo por nada.)

Hacia el año 1000, en Italia, se desarrolló una nueva clase de arco, uno que estaba confeccionado de metal, e incluso resultaba por completo demasiado rígido para ser tensado por un

músculo humano. El arco metálico estaba, además, unido a un travesaño de metal (por lo que el arco, en su conjunto, parecía una cruz, y se llamó ballesta). El travesaño contenía una ranura en la que se metía la flecha metálica.

La cuerda del arco no era impulsada hacia atrás con la mano, sino por medio de una manivela unida al travesaño. El arquero daba vueltas a la manivela hasta que la cuerda del arco retrocedía lo suficiente, se fijaba en su sitio, se ponía la flecha en la ranura y soltaba la palanca, con lo que el dardo salía impedido con mucha más fuerza de la que conseguiría cualquier flecha ordinaria. Esta flecha tenía un alcance de unos trescientos metros y, a cortas distancias, podía penetrar en las armaduras.

Era un arma muy fácil de aprender su manejo y podía ser apuntada en cualquier posición. Se trataba de un arma en verdad temible y, en 1139, un concilio de la Iglesia prohibió su uso, por tratarse de algo demasiado horrible, por lo menos entre los cristianos. Se decidió que sólo podía legalmente emplearse contra los infieles. (Si se preocupa por este ejemplo de fanatismo, déjeme asegurarle que el edicto constituyó letra muerta. Los ejércitos cristianos, dejando de lado toda clase de prejuicios, emplearon la ballesta, liberalmente, contra otros ejércitos cristianos.)

No obstante, la ballesta tenía la desventaja de costar bastante tiempo volver a cargarla. Una vez había sido disparada, debía ser fijada de nuevo contra el suelo, o en cualquier otra posición firme, girar con lentitud la manivela hasta la muesca y colocar luego la flecha. Mientras se hacía todo esto, el ballestero era vulnerable al ataque del enemigo. (Seguimos aún diciendo de alguien, cuando ha agotado su talento, o su valor, o su habilidad, que ha «quemado su último cartucho», frase que procede, en realidad, de esta situación del ballestero tras tirar su flecha.)

Sin embargo, no estoy pensando en la ballesta como arma secreta. Fue adoptada con rapidez por otras naciones, que entrenaron a sus propias huestes o bien contrataron a mercenarios italianos.

El arma auténticamente secreta fue otra variedad del arco y la flecha; una que siguió siendo de madera, aunque aumentara en tamaño y en rigidez hasta requerir su empleo el límite de la fuerza humana. Se trataba del arco largo, así llamado porque tenía dos metros de longitud, o más, y disparaba flechas de un metro de largo.

El arco largo era más ligero que la ballesta, e incluso tenía aún mayor alcance, hasta cuatrocientos metros como máximo. Y algo aún más importante: el arco largo podía dispararse con gran rapidez. El arquero, tomando de su hombro las flechas metidas en un carcaj que llevaba a la espalda, podía disparar cinco o seis veces con gran exactitud, en el tiempo que tardaba un ballestero en volver a cargar.[34]

El resultado fue que, si se encontraban en un combate un número igual de arqueros largos y de ballesteros, lo más probable era que estos últimos acabasen acribillados.

En realidad, el arco largo fue el arma más mortífera y versátil que se vio en las guerras hasta el momento en que las armas de fuego se hicieron eficientes. Varios miles de arqueros que disparasen a la vez producían una nube mortífera, que caía desde el cielo entre silbante s sonidos, algo que, simplemente, resultaba imposible de resistir.

Si el arco largo tenía una desventaja táctica, la misma radicaba en ser un arma de largo alcance. Si el enemigo se acercaba lo suficiente a los arqueros largos, estos últimos podían ser abatidos. El truco consistía en acercarse lo bastante, y seguir aún con vida, algo que nunca se consiguió antes de poseer armas de fuego.

Y, sin embargo, ¿cómo pudo el arco largo seguir siendo efectivo? Todo el mundo podía ver de qué se trataba. A cualquiera le era posible copiarlo. A decir verdad, la mejor madera para el arco largo la constituye el tejo inglés, que no crece en

[34] En baladas, relatos y películas, se muestra a Robin Hood y sus alegres hombres provistos de un arco largo, cuando éste era aún desconocido en la época del rey Juan *sin Tierra*. Lo siento...

todas partes, pero me atrevo a decir que hubiera podido también emplearse cualquier otra clase de madera, que hubiera resultado igual de eficiente.

Pues, entonces, ¿qué hizo a esta arma tan efectivamente secreta? ¿Qué impidió a las naciones que fueron derrotadas por el arco largo no adoptar dicha arma?

Dos cosas. En primer lugar existía el pequeño asunto del adiestramiento. El arco largo era rígido. Hacía falta un empuje de casi cincuenta kilómetros para tensarlo. Y años de entrenamiento y un fuerte par de brazos y de hombros para hacer retroceder la cuerda con un suave movimiento, para que la flecha se soltase con una fuerza mayor que el dardo de una ballesta, y sólo una nación se mostró deseosa de invertir en ese adiestramiento.

En segundo lugar, la ballesta podía ser manejada por cualquiera, de forma que los ballesteros eran adiestrados de una forma sencilla y fácil y, dado que eran más bien villanos, podían, en realidad, ser tratados sólo como villanos. Y siempre podían remplazarse.

Sin embargo, los arqueros largos, aunque eran igualmente de bajo nacimiento, constituían el producto de años de entrenamiento y no podían ser remplazados con facilidad. Tenían que ser mimados, conservados y tratados como una auténtica joya.

Sin embargo, un ejército en particular aristocrático podía encontrar psicológicamente difícil desarrollar un cuerpo de arqueros largos. Eran más capaces de perder una batalla reñida de forma caballeresca que de deber la victoria a la chusma.

El arco largo fue inventado en Gales en alguna época desconocida y también por un galés desconocido. Los porfiados combatientes galeses, habían resistido primero contra los sajones y luego a los normandos desde los tiempos del rey Arturo, pero, en 1272, Eduardo I ascendió al trono inglés. Se trataba del más capaz guerrero coronado desde Guillermo *el Conquistador* y tenía la intención de absorber a los galeses.

En 1282 comenzó una campaña de dos años en Gales y encontró el arco largo en manos enemigas. Afortunadamente para

él, los galeses eran, relativamente, pocos en número y no empleaban esta arma en masa y con disciplina. Eduardo ganó la guerra, adoptó el arco y empezó a adiestrar a un amplio grupo de hombres para que empleasen apropiadamente aquella arma. (Fue la primera y última vez que un ejército adoptó el arco largo después de encontrarlo en manos de un enemigo. Nunca he visto que se le atribuyese a Eduardo I el crédito de esto.)

Una vez los galeses fueron conquistados, Eduardo I dirigió su atención a Escocia, que se encontraba en plena anarquía. Tras haber reducido a Escocia a un reino marioneta, los escoceses se rebelaron bajo William Wallace y, el 22 de julio de 1298, Eduardo I se enfrentó con Wallace en la batalla de Falkirk.

Los escoceses eran unos luchadores tenaces y valientes, y se enfrentaron a Eduardo con veinticinco mil piqueras, cuyas pesadas picas, o lanzas, los convertían en un formidable y macizo erizo. La caballería inglesa arrolló a la mucho menos numerosa caballería escocesa, pero no pudo hacer mella en las picas.

Eduardo I desencadenó entonces por primera vez su nueva arma. Sus arqueros largos, desde gran distancia, soltaron sus descargas y los piqueros escoceses se derrumbaron. No podían devolver el ataque contra un enemigo distante, y murieron a centenares. La caballería inglesa cargó de nuevo y los escoceses fueron barridos.

Durante algún tiempo pareció como si Escocia, al igual que Gales, quedaba bajo el dominio inglés. No obstante, a las órdenes de Robert Bruce, Escocia se rebeló de nuevo. El hosco Eduardo I tuvo que marchar hacia el Norte, en 1307, para enseñar a los tozudos escoceses otra lección, pero murió en ruta. Su hijo, el poco belicoso Eduardo II, retiró la invasión.

Sin embargo, la presión de los acontecimientos y la opinión pública forzaron a Eduardo II a invadir Escocia y, en Bannockburn, el 24 de junio de 1314, se encontró con las fuerzas de Robert Bruce. Entre la inteligente maniobra de Bruce y el manejo torpe de Eduardo de su propio ejército, el inglés acabó con sus arqueros largos amontonados detrás de su propia caballería.

La caballería inglesa no pudo conseguir un impacto sobre los piqueros escoceses, y los arqueros largos no pudieron disparar con claridad contra el enemigo. Cuando trataron de disparar por alto, por encima de la caballería propia, la maniobra fracasó y fueron los de a caballo quienes sufrieron las consecuencias.

Al final, resultó una aplastante victoria escocesa y quedó salvada la independencia de Escocia. Entre 1298 y 1547 —dos siglos y medio— hubo muchas batallas entre escoceses e ingleses, y los ingleses las ganaron todas, excepto la de Bannockburn. Y esa pérdida fue suficiente.

Pero el auténtico triunfo de los arqueros largos se produciría en Francia. Por razones en las que sería tedioso entrar aquí, el hijo de Eduardo II, Eduardo III, poseía unos buenos derechos al trono francés. Sólo había una «pega» seria en los argumentos genealógicos, y consistía en que el pueblo francés no deseaba un rey inglés, pero en aquellos días constituía algo que se consideraba irrelevante.

En 1337, Eduardo III declaró la guerra a Francia y, en 1340, ganó una importante victoria naval, con lo que consiguió el dominio del Canal de la Mancha. No obstante, no fue hasta 1346 cuando pudo reunir tanto el dinero como los hombres necesarios para invadir Francia. Intentó sólo una demostración, pero cuando trató de regresar a Inglaterra el ejército francés, en su persecución, le atrapó en Crécy, una ciudad cercana a Calais, donde el Canal de la Mancha es más estrecho.

El rey francés Felipe VI tenía unos 60.000 hombres, que incluían 12.000 caballeros armados y 6.000 hábiles ballesteros genoveses.

Eduardo III tenía sólo unos 12.000 hombres, pero los mismos incluían 8.000 bien entrenados arqueros largos. Éstos fueron cuidadosamente distribuidos a lo largo de la línea de batalla, con 4.000 caballeros relegados al papel menor de protegerles. Se excavaron unas trampas delante de la línea de arqueros largos para servir de ulterior protección, en el caso de que el enemigo llegase demasiado lejos.

Tan pronto como se presentó el ejército francés, los caballeros dieron los clamores de la carga para arrasar a aquella canalla inglesa, tan escasa en número, aunque era ya avanzado el día y hubiera sido más lógico aguardar primero a descansar durante la noche. Los ballesteros genoveses señalaron aquello y explicaron que acababan de finalizar una marcha agotada. Sin embargo, los caballeros (que iban a caballo), llamaron cobardes a los ballesteros y les ordenaron cargar.

Los ballesteros avanzaron hacia el ejército inglés, que se habían dispuesto con todo cuidado, para tener el sol de la tarde detrás de ellos, y que diera en los ojos de los atacantes genoveses. Aquellas flechas de un metro de longitud comenzaron a converger sobre los ballesteros antes de que pudiesen avanzar hasta el alcance de tiro de sus propias armas, y no tuvieron otra elección que retirarse a toda prisa.

Esto encolerizó a los caballeros franceses, que se lanzaron hacia delante en una línea desordenada, aunque no se les había dado la orden.

Luego se gritó:

—¡Echad a un lado a esos pícaros cobardes que impiden el avance!

La caballería se mezcló entonces con sus arcabuceros y lanzó a sus caballos contra los ingleses.

Los ingleses no se vieron enfrentados a un ejército sino a una multitud. Era una brava muchedumbre, puesto que los franceses cargaron seis veces, pero el valor no les ayudó lo más mínimo. Los arqueros cayeron en confuso montón. Antes de que se pusiera el sol, 1.550 caballeros franceses habían muerto sobre el campo de batalla, mientras que las bajas inglesas fueron insignificantes.

En opinión francesa, lo de Crécy fue un accidente, pero quedaron desengañados diez años después, cuando bajo el reinado del hijo de Felipe VI y sucesor, Juan II, un ejército francés atacó a otro inglés al mando del hijo de Eduardo III, el llamado *Príncipe Negro*, en Poitiers, el 19 de setiembre de 1356.

La batalla tuvo lugar, exactamente, en el mismo lugar que la primera. Los más numerosos ingleses emplearon a sus arqueros largos para derribar a los caballeros franceses.

Luego siguió una larga pausa. Tanto Eduardo III, muy débil a causa de su avanzada edad, como el *Príncipe Negro*, ambos murieron en 1377. El hijo menor del *Príncipe Negro* le sucedió como Ricardo II, y fue, finalmente, derrocado por su primo, que reinó como Enrique IV. Y que tuvo que enfrentarse a otras guerras civiles propias.

Mientras tanto, los franceses, que ya no se atrevían a enfrentarse con los ingleses en el campo de batalla, habían emprendido una especie de acciones de guerrilla a las órdenes de un jefe brillante, Bertrand du Guesclin, y recuperado muchas de las conquistas inglesas. Los franceses nunca copiaron el arco largo, aunque Du Guesclin lo intentó en una batalla contra los ingleses, al otro lado de la frontera de España, y fue derrotado.

No fue hasta el reinado del hijo de Enrique IV, Enrique V, cuando Inglaterra volvió a enfocar una vez más toda su atención hacia Francia.

El 14 de agosto de 1415, Enrique V desembarcó una fuerza de 30.000 hombres en Harfleur, principal puerto francés en Normandía, 24.000 de los cuales eran arqueros largos. Éstos, sin embargo, no eran de mucha utilidad para demoler las murallas de una ciudad, y Enrique se trajo un cañón con este propósito. (En realidad, Eduardo III ya había empleado un cañón muy primitivo en Crécy.)

El cañón era aún un arma bien precaria, que ofrecía un peligro mayor para los artilleros que disparaban que para el enemigo, por lo que le costó cinco semanas someter la ciudad; semanas durante las cuales las fuerzas de Enrique se vieron muy debilitadas a causa de los enfrentamientos y de las enfermedades.

Una vez Harfleur fue tomada, Enrique V se mostró determinado a abrirse camino por tierra hasta Calais, la cual Eduardo III había tomado después de la batalla de Crécy, y que

era ahora la plaza fuerte más importante de Inglaterra en Francia. Allí, Enrique tenía el propósito de permitir que sus hombres descansasen y se recuperasen, mientras reunía más refuerzos procedentes de Inglaterra.

Sin embargo, la marcha hacia Calais fue muy dura. Llovía constantemente y el ejército inglés siguió mermándose y sufriendo mucho a causa de la disentería.

Los franceses persiguieron al ejército inglés, aguardando a que se debilitase lo suficiente y, finalmente, lo cercaron a Agincourt, a unos cincuenta kilómetros al sur de Calais (y sólo a unos treinta al noroeste de Crécy). Para entonces, los ingleses se habían reducido a unos lastimosos 9.000 hombres, aspeados y enfermos, mientras que debían enfrentarse a más de 30.000 franceses. La fecha fue el 25 de octubre de 1415.

Habían pasado sesenta años desde Poitiers y los franceses se mostraron confiados de nuevo.

Enrique era un buen general. Eligió el sitio de la batalla cuidadosamente, disponiendo su delgada línea de hombres en un frente no superior a los dos mil metros de anchura, con ambos flancos bloqueados por densos bosques. Los franceses se verían forzados a reunir a sus hombres para atacar y serían muy fáciles de alcanzar de una u otra forma.

Y lo que es más, el pequeño ejército de Enrique estaba casi todo él formado por arqueros largos, y éstos aguardaron a su presa con unas trampas delante de ellos, con palos aguzados clavados en el suelo, con las puntas hacia arriba para dar cuenta de cualquier caballo que llegase.

Enrique había notado también que, a causa de aquellas constantes lluvias que tanto habían hecho sufrir a sus hombres, el campo de batalla se había convertido en un tremedal. No creía que los pesadamente armados caballeros, ya fuesen a pie o a caballo, pudiesen avanzar con demasiada rapidez.

Naturalmente, si los franceses elegían aguardar a los ingleses se verían forzados a rendirse, o a abandonar sus líneas para enfrentarse a la destrucción. Sin embargo, los franceses no aguardarían demasiado tiempo enfrentados con un ejército tan

pequeño (como Enrique sabía que harían). Agincourt es considerado, en ciertos relatos, como casi un milagro, pero no lo fue. Los franceses no tenían la menor posibilidad; hubiera sido en realidad un milagro que los ingleses hubiesen perdido.

Los franceses se lanzaron a la carga, o lo intentaron, y al instante se vieron atrapados en el barro. Se produjo un gran desorden y, una vez hubieron conseguido abrirse paso dentro del radio de tiro, Enrique dio la señal y 8.000 flechas silbaron y se abrieron camino hacia el enemigo, aterrizando en aquellas atestadas filas. Resultaba imposible fallar el blanco, y según los jubilosos relatos de los ingleses murieron 10.000 franceses por trece ingleses. Sin embargo, aunque disminuyeran las exageraciones, fue una inmensa victoria para uno de los bandos.

Enrique V, dos años después, siguió adelante y consiguió tomar Normandía y París. Forzó al rey francés Carlos VI a reconocer a Enrique V como su sucesor.

Pero Enrique V murió en 1422, a la edad de treinta y cinco años, y no hubo ningún inglés que pudiese dirigir los ejércitos tan bien como él lo hubiese hecho. De todos modos, los franceses perdieron una batalla importante más contra los arqueros largos ingleses en Verneuil, el 17 de agosto de 1424.

Los ingleses sitiaron Orleáns en 1428, y parecía que sólo era necesario tomar aquella ciudad para forzar una completa dominación sobre una Francia del todo desmoralizada. No obstante, Inglaterra había llegado al límite de sus fuerzas y ya no pudo conseguir cerrar las líneas de sitio en torno de la ciudad. Los soldados franceses lograron entrar en Orleáns, y pronto fue sólo el miedo y el terror supersticioso a los ingleses y a sus arcos largos lo que impidió a los franceses derrotarles.

Fue en este momento cuando apareció Juana de Arco en escena, y suministró la inspiración necesaria para que los franceses expulsaran a los ingleses de Orleáns. Para los muy cansados ingleses, su temor reverencial a la «bruja» fue el golpe de gracia final.

La guerra siguió durante un cuarto de siglo más, sin embargo, y lo que la decidió al fin fue algo que superó al arco largo. Carlos VII, el nuevo rey de Francia, fue ayudado por dos

hermanos, Jean y Gaspard Bureau, que mejoraron el diseño del cañón y superaron la calidad de la pólvora.

Carlos comenzó a hacerse con una elaborada arma de Artillería, la primera en la Historia. Los artilleros fueron entrenados para manejar los cañones y (lo más importante de todo) los caballeros franceses se vieron forzados a tratar con respeto a los artilleros que, a fin de cuentas, eran de tan baja cuna como los arqueros. A partir de este momento fue la artillería la que decidió las batallas, y terminó el reinado del arco largo.

Los ingleses fueron incapaces de ajustar sus pensamientos a la nueva artillería, como antes los franceses se habían visto impotentes para moldear su forma de pensar al arco largo. Hacia 1453, los ingleses se vieron expulsados de Francia (de todas partes menos de Calais, que conservaron durante un siglo más). Tampoco se imaginaron por qué habían cesado las victorias; la teoría general inglesa atribuyó la pérdida de Francia a una combinación de traición en el hogar y brujería en Francia. (El *Enrique VI*, Parte primera, de Shakespeare, expresó a la perfección este punto de vista un siglo y medio después del final de la guerra.)

XVI. ¡MÁS ATESTADOS!

No hago a menudo promesas de largo alcance en estos ensayos. A veces, digo, específicamente, que discutiré un tema en particular más adelante en el siguiente ensayo, es decir, a corto plazo. En ocasiones, me refiero a que hablaré de un tema «otra vez», es decir, de una forma determinada.

En mi ensayo «¡Atestados!» (véase *Science, numbers and I*, «Doubleday», 1968), no obstante, discutí algunos aspectos del problema de la población, relacionado con las grandes ciudades del mundo, y concluí el artículo con el siguiente párrafo:

«Dónde acabará todo, no lo sé. Sólo puedo aguardar aterrorizado que cada día esté más atestado todo que el anterior. Diez años a partir de ahora —si aún vivimos—, volveré a hablar sobre este tema y veré cómo han progresado las cosas.»

Bien, ya ha llegado el momento, dado que acabo de recibir un muevo libro de estadísticas, *The Book of World Rankings*, por George Thomas Kurian («Facts on File», 1979).

Mr. Kurian facilita las mejores estadísticas internacionales disponibles (algunas veces admitidas como imperfectas) y emplearé, con gratitud y agradecimientos, sus trabajos. Con su ayuda, quiero ver lo que nos ha sucedido respecto de la población ciudadana en doce años. En primer lugar, debo establecer el telón de fondo (y esto no es material de Kurian)... Por lo que ha podido reunir, la población mundial ascendía algo así como a 3.000 millones en 1967, Y algo parecido a 4.120 millones en 1979. Hemos incrementado la población mundial, en los últimos doce años, en 800 millones de bocas, o el 25%. Para ponerlo de otra forma, hemos añadido otra China a la población del mundo.

Es del todo probable que acabemos la década de 1980 con una población mundial que se aproximará a los 5 mil millones, habiendo añadido una China más. El crecimiento de población de los años 1970 ya ha sido bastante terrible, y ha contribuido

enormemente al cambio hacia peor en la economía mundial y la estructura social durante los últimos doce años.

El crecimiento de población que ocurrirá durante la década de 1980 es muy probable que sea catastrófico. Y una vez dicho esto, sigamos con el asunto de las ciudades.

En 1967 vivía en un suburbio de Boston y, careciendo de estadísticas específicas, supuse que Boston no estaba por debajo del puesto 15 en el orden de las ciudades mundiales. Creía que era una suposición bastante buena, pero Kurian, en su tabla núm. 313, nos da la lista de las ciudades con una población por encima de los 500.000 habitantes en el mundo. Existen 287 ciudades en la mencionada lista, y Boston, con una población de 636.725 habitantes, se encuentra en el lugar número 207.[35]

En mi primer artículo, definí una gran ciudad como aquella que contenía una población de más de un millón de habitantes, y, en 1967, puse en la lista a seis ciudades norteamericanas como grandes ciudades. En el momento actual, esas seis son unas ciudades aún mayores, y otras nuevas se han añadido en los Estados Unidos. He aquí las estadísticas comparativas:

TABLA 1. GRANDES CIUDADES DE ESTADOS UNIDOS

ORDEN MUNDIAL	ORDEN NORTEAMERICANO	GRAN CIUDAD	POBLACIÓN 1979	POBLACIÓN 1967
5	1	Nueva York	7.481.613	8.080.000
23	2	Chicago	3.099.391	3.520.000
29	3	Los Ángeles	2.727.399	2.740.000
50	4	Filadelfia	1.815.808	2.030.000
76	5	Houston	1.357.394	1.100.000
78	6	Detroit	1.337.557	1.600.000

Hay que fijarse en que cinco de las seis ciudades han decrecido en estos últimos doce años. Detroit es el caso más extremo, pues ha perdido una sexta parte de su población, y ha

[35] No considero que la estadística de población en este artículo sea necesariamente exacta hasta el último dígito, ahora bien, lo que llamo 1979 representa exactamente ese año, o 1967 el año citado. Las diferentes ciudades se cuentan con diferentes grados de cuidado y exactitud, en diferentes años y estimaciones, en ausencia de unos censos fiables, por lo cual pueden también estar equivocados. No obstante, en conjunto, creo que las cifras de este artículo representan la esencia correcta de lo que ha estado sucediendo en la población durante los últimos doce años.

caído por detrás de Houston, la única gran ciudad norteamericana que ha ganado población en el intervalo.

El fenómeno de la pérdida de la población urbana es muy común en muchas ciudades norteamericanas. Así, en 1967, pregunté a los lectores que identificasen la mayor ciudad norteamericana que no fuese una gran ciudad. La respuesta fue Baltimore, y dicha respuesta aún sigue en pie, pero la población de Baltimore también ha decrecido, desde 925.000 a 851.698, una pérdida de casi el 8%.

La población total de las grandes ciudades norteamericanas era, en 1967, de 19.070.000. En 1979, fue de 17.800.000, con un declive de casi el 7%.

Esto no significa que toda la población norteamericana esté descendiendo. Aún crece, aunque a un índice más bajo que el del mundo en general. En 1967, la población de Estados Unidos era de unos 197.600.000 habitantes y, en 1979, ha sido de unos 218.000.000, con una ganancia superior al 10%.

El porcentaje de norteamericanos que viven en las grandes ciudades ha descendido desde el 9,65% en 1967, al 8,17% en 1979, pero esto no significa que Estados Unidos esté creciendo de una forma menos urbanizada o más rural.

La población que está abandonando las grandes ciudades (y las grandes ciudades en general), se extiende por los suburbios de la ciudad, que son una parte del «área metropolitana», señalada desde la parte central de la ciudad por unas arbitrarias líneas políticas, previstas para conceder a los suburbios los beneficios de la ciudad sin la responsabilidad por sus problemas.

Las áreas metropolitanas han continuado creciendo, y hay unas cuarenta, en Estados Unidos, que tienen poblaciones por encima del millón.

En mi ensayo de 1967, hablé de tres naciones que tenían más población que Estados Unidos. Eran entonces China, la India y la Unión Soviética, en este orden, y ello sigue siendo cierto hoy. He aquí la estadística comparada de las cuatro naciones principales:

TABLA 2. POBLACIÓN DE LAS NACIONES MÁS POPULOSAS

ORDEN MUNDIAL	NACIÓN	POBLACIÓN 1979	1967	% AUMENTO
1	China	973.334.000	750.000.000	29,8
2	India	694.534.000	475.000.000	36,7
3	Unión Soviética	260.178.000	230.000.000	13,1
4	Estados Unidos	217.799.000	197.600.000	10,2

En el momento actual, China posee el 23,6% de la población mundial y la India el 15,7%. Las cuatro naciones más populosas del mundo albergan una población total de más de 2.100.000.000, o casi exactamente la mitad del número de personas del mundo.

Cada una de las tres naciones, con una población que excede de la de Estados Unidos, tenían más grandes ciudades en 1967 que Estados Unidos, y las siguen teniendo.

En 1967, con las estadísticas que tengo a mano, he localizado no menos de dieciséis grandes ciudades en China, cada una con una población de más de un millón de habitantes. En el libro de Kurian encuentro listadas sólo catorce grandes ciudades.[36] Sospecho que esto refleja un mejoramiento general en la exactitud de las estadísticas chinas disponibles respecto del resto del mundo en los últimos doce años.

No obstante, existe una imposibilidad en la tabla de Kurian. En 1967, puse la ciudad de Shanghái como la mayor de las grandes ciudades de China, con una población de unos 7.000.000, Y las últimas cifras de que dispongo, diferentes a la lista de Kurian, le atribuyen en la actualidad una población por encima de los 10.000.000. Sin embargo, en la lista de Kurian, Shanghái está colocado en el lugar 97 (!) entre las grandes ciudades del mundo, con una población de 1.082.000. Sólo puedo dar por supuesto que ha desaparecido un cero de esa cifra, y que la computadora que preparó la lista siguió sus instrucciones, y situó a Shanghái en un imposible bajo lugar, y ningún corrector de pruebas humano se percató de ello. Me parece que

[36] En la actualidad, contiene quince, pero pone en la lista «Nagoya, China», lo cual es un claro error de imprenta, por «Nagoya, Japón», y he realizado la corrección en mi ejemplar.

la población debería ser de 10.082.000, y ésa es la cifra que voy a emplear, cambiando las cifras de «orden del mundo», que Kurian proporciona correspondientemente.

Ahorraré espacio dando el listado de sólo las grandes ciudades chinas con una población por encima de los 2.000.000. Son seis de las mismas comparadas con cuatro de los Estados Unidos.

TABLA 3. LAS CIUDADES MÁS POPULOSAS DE CHINA

ORDEN MUNDIAL	NACIÓN	POBLACIÓN 1979	1967	% VARIACIÓN
1	Shanghai	10.082.000	7.000.000	+44,0
4	Pekín	7.570.000	6.800.000	+11,3
13	Tientsin	4.280.000	2.900.000	+47,6
35	Mukden	2.411.000	3.100.000	–22,2
41	Wuhan	2.146.000	(no está en lista)	
42	Chungking	2.121.000	2.200.000	–36

Harbon y Cantón, listadas por encima de los 2.000.000 en 1967, aparecen ahora en las listas de Kurian por debajo de esas cifras. Sospecho que mis cifras de 1967 no eran necesariamente muy exactas en conexión con las ciudades chinas.

La población total de las catorce grandes ciudades de China en la lista de Kurian es de 39.500.000, comparando con los 38.000.000 para las dieciséis grandes ciudades que yo había listado en 1967.

La población de la ciudad de China más grande es 2,2 veces mayor que la población de la mayor ciudad de Estados Unidos, pero esto no es tan grande como uno esperaría de la disparidad respecto de la población total. A fin de cuentas, la población total de China es 4,2 veces mayor que la de Estados Unidos.

Aunque el 8,17% de la población norteamericana vive en las grandes ciudades, sólo el 4% de la población china hace lo mismo.

En cuanto a la India, Kurian lista ocho grandes ciudades, comparadas con las seis que yo di en 1967. Todas las seis de mi lista de 1967 están incluidas, y las ciudades de Bangalore y Kanpur están añadidas de más. Las cuatro ciudades mayores de la India tienen una población por encima de los 2.000.000, y son las siguientes:

TABLA 4. LAS CIUDADES MÁS POPULOSAS DE LA INDIA

ORDEN MUNDIAL	CIUDAD	POBLACIÓN 1979	1967	% VARIACIÓN
8	Bombay	5.970.575	4.540.000	+31,5
20	Delhi	3.287.883	2.300.000	+43,0
22	Calcuta	3.148.476	3.005.000	+ 4,8
34	Madrás	2.469.449	1.840.000	+34,2

Desde 1967, Madrás ha llegado al rango de los 2.000.000 y ninguna ha descendido. La población total de las ocho mayores ciudades de la India es de unos 20.750.000 (3,2% de la población total) contra 14.000.000 en 1967 (2,2% de la población total).

Esto nos lleva a la Unión Soviética para la cual, en 1967, di una lista con siete grandes ciudades. Sin embargo, Kurian enumera no menos de doce, lo cual coloca a la Unión Soviética en segundo lugar, detrás de China a este respecto. Además de las siete que di en 1967, tenemos ahora Kuibishev, Sverdlovsk, Tbilisi, Odessa y Omsk.

Sólo tres de las grandes ciudades de la Unión Soviética tienen poblaciones por encima de los 2.000.000 (comparadas con 2 en 1967). Helas aquí:

TABLA 5. LAS CIUDADES MÁS POPULOSAS DE LA UNIÓN SOVIÉTICA

ORDEN MUNDIAL	CIUDAD	POBLACIÓN 1979	1967	% VARIACIÓN
7	Moscú	6.941.961	6.334.000	+ 9,6
18	Leningrado	3.512.974	3.218.000	+ 9,2
45	Kiev	2.103.000	1.292.000	+62,8

La población total de las doce mayores ciudades de la Unión Soviética es de 23.600.000 habitantes, comparada con los 15.000.000 para las siete grandes ciudades de 1967. El porcentaje de la población que vive en las grandes ciudades era 9%, en 1979, en comparación con el 6,5% en 1967.

En el orden mundial de población, Indonesia se encuentra en quinto lugar, inmediatamente detrás de Estados Unidos, y Japón se halla en sexto lugar. Para los fines de este artículo, que trata de ciudades, podemos dejar de lado Indonesia, como

nación no industrial, y avanzar hacia Japón, que es un país altamente industrializado y urbanizado. De hecho, podemos unir a Japón a las cuatro naciones más populosas, y llamarlas los Cinco Grandes.

La población total del Japón, en 1979, ocupa en la lista de Kurian 114.595.000, en comparación con los 96.200.000 en 1967, una elevación del 10,1%. En 1967, di la lista de siete grandes ciudades en Japón. La lista de Kurian muestra ocho, compuestas por las siete de mi lista y la ciudad de Sapporo. Cuatro de las mayores ciudades japonesas tienen, en la actualidad, una población por encima de los 2.000.000 de habitantes, en comparación con los 2 en 1967, Y son las siguientes:

TABLA 6. LAS CIUDADES MÁS POPULOSAS DE JAPÓN

ORDEN MUNDIAL	CIUDAD	POBLACIÓN 1979	1967	% VARIACIÓN
3	Tokio	8.442.634	8.730.000	–3,3
30	Osaka	2.714.642	3.200.000	–15,2
32	Yokohama	2.610.124	1.600.000	+63,1
43	Nagoya	2.083.111	1.900.000	+ 9,6

La población total de las grandes ciudades de Japón es de 20.860.000, en 1979, en comparación con los 18.800.000 de 1967. El porcentaje de la población japonesa que vive en las grandes ciudades es del 18,2%, en 1979, en comparación con el 19,5 en 1967. Se trata de un pequeño descenso, pero el porcentaje de la población de grandes ciudades es, sin embargo, mayor en Japón que en cualquiera otro de los Cinco Grandes.

Supongamos que consideramos a las naciones de los Cinco Grandes juntas. El número total de grandes ciudades en los Cinco Grandes es de 48, en comparación con las 42 que listé en 1967.

No obstante, en 1967, señalé que había 46 grandes ciudades que se hallaban en naciones distintas de los Cinco Grandes. En la lista de Kurian figuran 61 grandes ciudades en esas otras naciones. En otras palabras, que existen 88 grandes ciudades en el mundo, en 1967, Y 109 en 1979, con un aumento del 23,9%. Dividiéndolas por los continentes, he aquí lo que sucede:

TABLA 7. LAS GRANDES CIUDADES DEL MUNDO

CONTINENTE	GRANDES CIUDADES 1979	1967	POBLACIÓN TOTAL 1979	1967	% VARIACIÓN
Asia	52	42	126.900.000	91.700.000	+38,4
Europa	28	25	60.900.000	51.300.000	+18,7
Norteamérica	11	9	31.400.000	24.200.000	+29,7
Sudamérica	10	7	26.260.000	15.100.000	+73,9
África	6	3	13.660.000	6.100.000	+124
Australia	2	2	5.520.000	4.300.000	+28,3
TOTAL	109	88	264.640.000	192.700.000	+37,3

Como ven, la población de las grandes ciudades está aumentando más de prisa que la población general mundial, y esto es particularmente cierto en Sudamérica y en África. En 1967, el 5,84% de la población mundial (1 de cada 17) vivía en una gran ciudad. En 1979, el 6,42% (1 de cada 15,5) hacía lo mismo.

En mi ensayo de 1967 mi pregunté cuál era la gran nación que no contenía una gran ciudad. La respuesta que di fue Nigeria, que, como relaté, tiene una población de 56.400.000 habitantes, mientras que su ciudad más importante y capital, Lagos, sólo alcanza una población de 665.000 habitantes.

Pues bien, la población de Nigeria es ahora de 67.520.000 habitantes, y Lagos, con una población de 1.061.221, es una de las grandes ciudades. La nueva candidata, si seguimos las tablas de Kurian, es Sudáfrica, con una población de 25.003.000 habitantes, y Durban su ciudad mayor con 730.000.

Si se fijan en las grandes ciudades que he listado entre los Cinco Grandes, verán que Shanghái, en China, se encuentra en primer lugar del orden mundial, con Tokio en tercer lugar, Pekín en cuarto y Nueva York en el quinto.

El segundo lugar se ha pasado por alto, puesto que corresponde a una ciudad de una nación que no pertenece a los Cinco Grandes. Me pregunto cuántos de ustedes pueden conjeturar cuál es la segunda mayor ciudad del mundo en este momento (por lo menos, según las tablas de Kurian). Francamente, no lo hubiera imaginado, y no es Londres, si alguno de ustedes ha supuesto eso.

Se lo diré. Es Ciudad de México. En 1967 coloqué su población en 3.193.000 habitantes, lo cual significa que ha tenido un aumento de cerca del 170%. Esto parece difícil de creer, y puede haber ocurrido que, en el intervalo, Ciudad de México haya absorbido algunos de sus suburbios. Incluso así, el hecho es un crecimiento con un promedio fenomenal.

He aquí la lista de las diez ciudades más importantes del mundo:

TABLA 8. LAS MAYORES CIUDADES DEL MUNDO

ORDEN MUNDIAL			POBLACIÓN		%
1979	1967	CIUDAD	1979	1967	VARIACIÓN
1	4	Shanghai, China	10.082.000	7.000.000	+ 44,0
2	13	Ciudad de México, México	8.628.024	3.193.000	+ 170,2
3	1	Tokyo, Japón	8.442.634	8.730.000	–3,3
4	5	Pekín, China	7.570.000	6.800.000	+ 11,3
5	3	Nueva York, EE.UU.	7.481.613	8.080.000	–7,4
6	2	Londres, Reino Unido	7.167.600	8.185.000	–125
7	6	Moscú, URSS	6.941.961	6.334.000	+9,6
8	7	Bombay, India	5.970.575	4.540.000	+ 31,5
9	9	El Cairo, Egipto	5.715.000	3.518.000	+ 62,5
10	19	Yakarta, Indonesia	5.476.009	2.907.000	+ 88,4

Como ven, existen dos recién llegados a la lista de las diez grandes en los últimos doce años: Ciudad de México y Yakarta. Las dos que han descendido para dejarlas sitio son Chicago, que se hallaba en octavo lugar en 1967, y Leningrado, que ocupaba el décimo lugar en 1967.

China es la única nación que sitúa dos ciudades entre las diez primeras, aunque, en 1967, la Unión Soviética y los Estados Unidos también lo hacían. Por continente, en 1979 cinco grandes ciudades eran de Asia, dos europeas, dos norteamericanas y una africana. En 1967, las cifras fueron cuatro, tres, dos y uno, respectivamente.

La población total de las diez ciudades más importantes es de unos 73.500.000 habitantes, en 1979, o un 1,8% de la población del mundo. En 1967, era de 59.900.000, también un 1,8% de la población del mundo. Aquí no ha habido cambios.

No quiero dejarle sin sugerir un juego de salón garantizado para mantener entretenidos, durante toda una velada, a sus invitados (si son de aquellos a los que les gustan los juegos intelectuales de salón). Les debe suministrar unas bebidas para que se sientan cómodos, y luego papel y bolígrafo, si es que no puede largarse de allí y marcharse al cine.

Es muy sencillo. Sólo tiene que pedirles que, alfabéticamente, hagan una lista con la ciudad más grande del mundo que comience con cada una de las distintas letras del alfabeto.

Naturalmente... le facilité las respuestas para que las tenga a mano:

A. Ésta es una bastante difícil. Se trata de Alejandría, en Egipto, con una población de 2.259.000 habitantes.
B. Bombay, en la India, 5.970.575. Si quiere eliminarla, porque es demasiado fácil, puede elegir la segunda, que es Berlín, uniendo el Occidental y el Oriental, con un total de 4.085.960. Si no quiere hacer esta operación de suma, entonces le queda aún Buenos Aires, con 2.972.453 habitantes.
C. Cairo, El, en Egipto, 5.715.000 habitantes.
D. Delhi, en la India, 3.287.883 habitantes.
E. Ésta no es muy fácil. Se trata de Ereván, en la Unión Soviética, con 928.000 habitantes. Si la trascripción la han hecho como Yereván, y queda descalificada por esta razón, la siguiente ciudad en tamaño de esta letra es Essen, en Alemania Federal, con 677.508 habitantes.
F. Una de las más difíciles de la lista. La mayor es Fushun, en China (985.000 habitantes). Si la descarta por alguna razón, la siguiente en extensión es Fukuoka (Japón), con 964.755 habitantes.
G. Guadalajara, México, 1.640.902.
H. Ho Chi Minh, capital del Vietnam, 1.825.297 habitantes. Si usted está chapado a la antigua y prefiere seguirla llamando Saigón, entonces deberá pasar a la siguiente en población, que, en este caso, es Hamburgo, en Alemania Occidental, con 1.717.383 habitantes.

I. Istambul (o Estambul), 2.376.296 habitantes. Alguien puede también descartar la, porque, realmente, se trata de Constantinopla. Pero no es así. Oficialmente, no ha sido llamada Constantinopla durante quinientos años.
J. Jakarta, en Indonesia, 5.476.009 habitantes. En el caso de que se transcriba como Yakarta, puede dejar el lugar a Johannesburgo, en Sudáfrica, con 654.682 habitantes.
K. Karachi, Pakistán (3.498.634 habitantes).
L. Londres, naturalmente, con 7.167.000 habitantes. Si desea eliminarla por ser demasiado fácil, puede tomar Leningrado (3.513.974 habitantes).
M. México (Ciudad de), naturalmente, con sus 8.628.024 habitantes, seguida de Moscú (6.941.961) y por Madrid (3.520.320).
N. Sí, Nueva York (7.481.613 habitantes), con Nagoya (Japón) en segundo lugar.
O. Osaka, Japón (2.714.642 habitantes).
P. Pekín (China), 7.570.000, con París en segundo lugar con sus 2.290.000 habitantes.
Q. Quezón (Filipinas), 994.679 habitantes.
R. Río de Janeiro, en Brasil (4.252.009). En segundo lugar aparece Roma (2.868.248).
S. Seúl, Corea del Sur (5.433.198).
T. Tokio, como es natural (8.442.634); con Tientsin, en China, en segundo lugar (4.280.000) Y Teherán, en el Irán, en tercer lugar (4.002.000).
U. Ufá, Unión Soviética, 923.000 (y no es una ciudad en la que resulte fácil pensar).
V. Viena (Austria), con 1.614.841 habitantes. Luego, Varsovia (1.448.900).
W. Wuhan (China), 2.146.000 habitantes.
X. Xenia (Ohio, Estados Unidos), con 25.373. La segunda es Xanthi (Grecia), con 25.341 habitantes.
Z. Zaporozhie, Unión Soviética, 760.000 habitantes (¿quién ha adivinado ésta?).

Bueno, pues, si dentro de otra década, o así, aún seguimos vivos, echaré otro vistazo a la situación...

XVII. ¡LOS BUENOS CHICOS ACABAN PRIMERO!

Como es natural, recibo una gran cantidad de correo por parte de personas que no conozco, y que me cuenta lo que opinan acerca de mí y de mi trabajo. La inmensa mayor parte de esa correspondencia resulta halagüeña, o, cuanto menos, educada. Por esta razón, me encuentro infinitamente agradecido.

No obstante, existe un pequeño grupo de cartas que, por una u otra razón, representan desaprobación, e incluso una desaprobación poco educada. El problema que se presenta radica en cómo tratar con ellas.

Por desgracia, mi reacción es de forma invariable airada. No, como es natural, por la desaprobación (no espero ser aprobado por nadie en absoluto), sino ante la falta de educación, el sarcasmo, la ironía de sal gorda, etcétera.[37]

Pues verán, he elaborado un sistema. En casi cada caso, dejo de leer la carta cuando me percato de que me va a encolerizar, puesto que no disfruto enfadándome. Al haber dejado de leerla, como es natural, no hay respuesta.

Si, por casualidad, acabo de leer la carta a causa de que suscita una horrible fascinación en mí, sigo, sin embargo, resistiéndome a contestarla. Simplemente, la archivo, por lo general, con mis papeles (que por razones sólo conocidas por ella misma y por la Omnipotente Computadora de los

Cielos, la Universidad de Boston guarda con una falta total de discriminación).

Si *debo* responder o armar un follón, escribo una sardónica y amarga respuesta, recurriendo a mi no demasiado considerable carga de invectivas cultas. Luego, cuidadosamente, meto la

---

[37] La verdad me obliga a admitir que, a veces, también yo soy ineducado, sarcástico e irónico en demasía en mis escritos, pero trato, incesantemente, de no serlo, y creo asimismo que esta tendencia se va desvaneciendo.

respuesta en un sobre, lo cierro y le pongo el sello. Resulta asombroso cómo sólo con esto se descarga el veneno. Naturalmente, una vez se ha descargado el veneno, ya no existe necesidad de echar la carta al correo. La rompo, destruyendo incluso con cuidado el sello. (A menos que tenga que pasar por el trastorno completo de escribir una respuesta, incluyendo la irrevocable demolición de un sello, no experimento que el divieso espiritual haya sido apropiadamente sajado con la lanceta.)

Si, por casualidad, se requiere absolutamente una respuesta, la escritura y destrucción de la primera carta hace posible el escribir una segunda y más apacible carta o, incluso, si ello fuese necesario, una tercera y aún más apacible carta. Cuando se ha llegado a un apropiado nivel de educación, la echo al correo.[38]

No creo que esta conducta mía se confine sólo a mi persona, o no sea más que un rasgo peculiar y sin sentido. Creo que es más bien una clase general de reacción entre los miembros más civilizados de nuestra especie.

En conjunto, somos muy propensos a encolerizamos y nos pirramos por responder a cada golpe con un contragolpe aún más contundente. Sin embargo, a medida que envejecemos, y nos hacemos más prudentes y más experimentados, alcanzamos el estadio en que juzgamos primero si el golpe es auténticamente dañino, y si lo es, respondemos con una energía menor que la requerida para desinfectar las consecuencias.

Este incremento de la apacibilidad con la edad (o la sabiduría, supongo que las dos cosas no son idénticas), es algo que requiere cualquiera que aspire al título de «tipo simpático», y es algo a lo que incluso yo aspiro.

¿Y por qué aspiro a eso? ¿Por una virtud inhumana y por santidad?

¡Claro que no! Quiero este título a través de una ambición egoísta. Lo que pasa es que opino que, a la larga (a pesar de

---

[38] Sólo puedo recordar una ocasión en que estaba tan furioso que escribí una segunda carta aún más insultante que la primera. Y luego la eché al correo. No consiguió nada, y de esto cabe extraer una moraleja.

Leo Durocher), los buenos chicos acaban primero, y lo que, realmente, quiero es acabar primero.

Déjenme explicarles lo que quiero decir con ello.

Cuando pensamos en esas especies animales que poseen un nivel de inteligencia lo suficientemente elevado como para que nos parezca que sus acciones no son motivadas puramente por el instinto, nos vemos tentados a personificar. Les adjudicamos métodos humanos de pensamiento, imaginándonos que son del todo libres para elegir o decidir esto o lo otro.

En estas condiciones, a veces no podemos dejar de sentimos mortificados, porque de esa forma el *Horno sapiens* aparece como una especie particularmente viciosa: es el único entre los animales que lucha sin necesidad hasta la muerte, es el único que parece gozarse en matar y en saber que inflige daño.

Los animales «inferiores», parecería que sólo peleasen por motivos inmediatos de disputa: un trozo específico de comida, una oportunidad específica, un territorio específico. Uno de los competidores gana y el otro pierde, y se llega a esta decisión con un mínimo de violencia, casi siempre muy lejos de la muerte o incluso de un daño serio. En ocasiones, lo más que se necesita es un conflicto de amenazas. El perdedor abandona el escenario y el conflicto termina.

¿Por qué los seres humanos son tan diferentes? ¿Por qué son tan combativos? ¿Por qué tan mortíferos? Y dado que lo son, y puesto que rigen la Tierra, ¿se trata de un caso en que los tipos desagradables acaban primero?

Supongamos que pensamos acerca de la diferencia entre los seres humanos y otros animales. Seguramente que, para empezar, existe una diferencia en inteligencia. Los seres humanos tienen considerablemente mayor potencia cerebral que los demás animales, y tal vez seamos los únicos animales con un auténtico sentido del tiempo, como consecuencia de dicha inteligencia. ¿No produce esto una diferencia?

Cuando el animal lucha por un objeto específico, es una criatura que sólo tiene el momento presente. Si el objeto específico desaparece, como cuando el animal en competición se apodera de la comida, o la perspectiva de una compañera se

esfuma, o cuando el animal se juzga a sí mismo como perdedor y huye... Todo ha terminado. Después de que el objetivo, o el enemigo, o ambas cosas se encuentran fuera del alcance sensorial, la razón para el combate ha terminado, y ya no es necesario ni el recuerdo del pasado combate ni la anticipación de la futura lid sirve para perturbar la ecuanimidad del actual momento pacífico. (No digo que un animal lo suficientemente inteligente no recuerde o anticipe todo esto, sino que opino que no es lo suficientemente intenso como para perturbar le apacible presente.)

Sin embargo, supongamos que la inteligencia progresa hasta el punto en que el tiempo se haga algo de la mayor importancia; cuando tanto la memoria como la anticipación son más fuertes que el momento actual.

En tal caso, si *X* lucha contra *Y*; *X* recuerda pasadas peleas en que *Y* le ha causado problemas, o incluso tal vez le haya estorbado, y *X* anticipa ya posteriores problemas de esa misma clase en el futuro.

La intensidad del combate es posible que aumente cuando *X* no se proponga, meramente, expulsar a *Y* o conseguir un objetivo inmediato, sino infligir una derrota lo suficientemente grande como para borrar todos los problemas pasados y, tal vez, impedir otros trastornos futuros.

Incluso, si *y* ha proporcionado a *X* los *suficientes* problemas, en ese caso *X* puede hallarse dispuesto para luchar en el momento en que note la presencia de *Y*, incluso aunque no exista un fin inmediato que haría significativa la victoria.

Hasta es posible que el recuerdo de pasadas derrotas pueda ser tan fuerte y continuamente penoso que *X*, sin ninguna causa e incluso sin que la presencia de *Y* actúe como gatillo, planee, deliberadamente, combatir en el futuro (bajo condiciones favorables para sí mismo) a fin de restaurar el equilibrio.

Aunque *X* resulte victorioso en un combate, pero sólo por estrecho margen, puede tener la inteligencia de anticipar la posibilidad de una derrota la próxima vez y, de forma deliberada, buscar el conflicto (en condiciones favorables para sí mismo),

a fin de infligir una derrota abrumadora, de una vez por todas: infligir la muerte, si es posible, y acabar así con el problema.

En resumen, el crecimiento de la inteligencia es capaz de introducir nuevos motivos para el conflicto —vergüenza, temor, deseo de venganza o de seguridad—, todos los cuales no impliquen una querella inmediata y no puedan ser satisfechos con una victoria mínima.

En ese caso, los seres humanos son más repugnantes que los demás animales, no porque sean razonablemente desagradables, sino a causa de que son más inteligentes que los otros animales. La inteligencia en sí, inevitablemente, aumenta los aspectos desagradables del conflicto.[39]

Aquí hay otra cualidad que parece ir de la mano con el aumento de inteligencia, y que radica en una creciente habilidad para inclinar el universo al deseo de uno, tomando ventaja (a sabiendas o sin saberlo) de la forma en que el universo funciona. Para exponerlo de otro modo, la inteligencia puede llegar a implicar el desarrollo de una tecnología.

Se necesita considerable inteligencia para hacer esto en una escala significativa, y sólo el *Horno sapiens*, en la historia de más de tres mil millones de años de duración de la vida sobre la Tierra, ha desarrollado la suficiente inteligencia (tanto en cantidad o en cualidad, o en ambas cosas) para desarrollar una tecnología significativa.

Mediante la tecnología, los seres humanos han desarrollado herramientas para ampliar y refinar sus capacidades naturales e influir en su medio ambiente, y coloca todas esas herramientas al servicio de su propensión a la violencia unos contra otros.

El conflicto entre los seres humanos se ha convertido no sólo en una actuación de brazos, pies, cabezas, dientes y uñas, sino en la interacción de piedras, huesos, clavos, cuchillos, lanzas, flechas, y así de forma indefinida.

---

[39] ¿Qué puede decirse de los delfines, que son inteligentes y, sin embargo, pacíficos? Aún no los conocemos lo suficiente para estar seguros de la auténtica amplitud de una y otra características.

Resulta simple comprobar que, cuanto más inteligente se vuelve una especie, y durante más tiempo sigue siendo inteligente, mayor resulta el daño que puede llegar a infligir a los propios miembros de su especie, a otras especies y, en general, al mundo.

Naturalmente, los seres humanos, a medida que se han hecho más inteligentes, o han conseguido mayor experiencia, o ambas cosas, pueden aprender a reparar los daños debidos al conflicto, y a hacerlo con mayor rapidez y efectividad.

Sin embargo, ¿se mantiene por delante la habilidad para reparar respecto de la habilidad para destruir? Parecería que, a medida que la tecnología se hace más compleja, también se vuelve más vulnerable, por lo que, aunque la habilidad para destruir se incremente con rapidez, las dificultades para reparar también aumentan. A partir de esto, debemos deducir que la capacidad para la destrucción puede superar la capacidad para reparar. Más pronto o más tarde, pues, la tecnología será destruida, probablemente junto con la civilización, e incluso es también posible que le suceda igual a la misma Humanidad...

E incluso aunque la Humanidad sobreviva, puede faltar la capacidad para restaurar una tecnología avanzada, a causa de la desaparición de fuentes de energía baratas y simples. Y, aunque podamos restaurar una tecnología avanzada, sólo conseguiremos, a corto plazo, una nueva destrucción.

La conclusión final, pues, parece ser que la clase de inteligencia que conduce a la tecnología es autolimitadora e incluso autodestructora, y no sólo sobre la Tierra sino, presumiblemente, sobre cualquier mundo en que una inteligencia de este tipo se haya desarrollado.

En dicho caso, el Universo puede haber sido testigo de la ascensión de incontables civilizaciones, que se hallan en la actualidad muertas, excepto algunas pocas, como la nuestra, que son aún demasiado jóvenes para haber muerto, pero que se hallan predestinadas a hacerlo pronto. (Digamos de pasada que me referí, brevemente, a todo esto en «¿Dónde están todos?», *F* & *SF*, diciembre de 1978.)

Y tal vez un número incontable de civilizaciones deban aún ascender durante el tiempo de vida que todavía le quede al Universo, y sólo para morir rápidamente a su vez.

En otras palabras, los tipos malos, aunque a la corta triunfen, a la larga acabarán mal.

Pero, un momento...

Hasta este momento sólo he considerado la maldad del *Homo sapiens,* su propensión a los conflictos y la competición para rebanar pescuezos. ¿No existen factores que puedan alterar la pésima conclusión a la que he llegado?

Sin embargo, existe algo por la que no toda la competición y conflicto son malos. Se trata de la fructífera competición para alcanzar un objetivo interesante, a cambio de alguna recompensa que no implique un daño físico directo para el perdedor.

Incluso los conflictos malignos tienen sus beneficiosos efectos colaterales. En lo más crucial de la guerra, se pide un gran auto sacrificio, el cual se obtiene, mientras que los registros muestran que las artes y las ciencias florecen en los momentos de tensión.

Pero, sin embargo, esto no es aún suficiente. Si el conflicto aumenta con firmeza hacia algo más mortífero con el tiempo, el objetivo estará a punto de alcanzarse cuando ya no sea posible que efectos laterales del espíritu de competición eviten la destrucción.

De todos modos, al hablar del auto sacrificio que se exige en la guerra, no estoy hablando de cooperación. Si el conflicto es «feo», la cooperación es «agradable» y, seguramente, el *Homo sapiens* tiene también capacidad para lo «bello».

No toda competición es tan maligna, ni toda cooperación es tan beneficiosa. La cooperación de la colmena o del hormiguero, que destruye la capacidad de iniciativa y creatividad individual, y limita la potencialidad para la diversidad, puede mantener con vida a una especie, pero retarda, e incluso detiene, el crecimiento de la tecnología. Aunque tal cooperación no conduzca a la muerte, puede llevar a la muerte en vida, que tampoco es mucho mejor.

El tipo de cooperación suscitada por el conflicto, que puede dirigirse a hacer del todo más probable la victoria, se parece mucho a la actividad de la colmena en la Naturaleza, como puede atestiguar cualquiera que haya estado en las fuerzas armadas, y ésta no es mi idea de una cooperación beneficiosa.

¿Es posible que exista cooperación, pero de una clase más débil, que deje lugar para la individualidad e incluso para la competición no maligna? Tal vez la cooperación no se suscita con tanta facilidad como la competición, pero la competición lleva a la guerra, y ya he dicho que la guerra lleva a la cooperación de una clase. Incluso sucede así en las guerras primitivas.

Si la especie es lo suficientemente inteligente como para tener memoria y previsión, los individuos que han sufrido una derrota, o que temen la derrota futura, pueden ver el valor de buscar aliados. Así, si *X* es derrotado por *Y*, *X* y *Z* juntos pueden derrotar a *Y*.

El desarrollo de la noción de cooperación no es sólo una posibilidad, sino una virtual certeza, por lo menos en el *Homo sapiens*. Mientras los gorilas y orangutanes son seres solitarios, los chimpancés son tribales e, indudablemente, los homínidos fueron tribales desde el principio.

Las tribus tienen otros usos que la autodefensa, incluso entre los animales de sólo una inteligencia moderada. Por ejemplo, pueden convertirse en bandas de cazadores.

Un ser humano, incluso armado con una lanza o un arco y flechas, no puede hacerle nada a un mamut, excepto observarle a distancia segura. Un grupo de seres humanos que cooperen, armados cada uno con iguales armas primitivas, puede destruir un mamut, e incluso tales grupos consiguieron, mucho antes del nacimiento de la civilización, llevar a estas magníficas criaturas a la extinción, al mismo tiempo que otras especies más grandes, pero insuficientemente inteligentes.

De todas las especies tribales, sólo el *Homo sapiens* ha desarrollado una tecnología y, en realidad, es muy poco, en el camino de la tecnología, lo que un simple ser humano pueda llegar a desarrollar partiendo de sólo la frotación. Un grupo de

seres humanos, con diversos talentos, es mucho más probable que tengan una sucesión de ingeniosas ideas que conduzcan al crecimiento de la tecnología.

Y no sólo esto, sino que el desarrollo de la tecnología parece requerir, inevitablemente, la existencia de cada vez más numerosos grupos que cooperen en mantener esa tecnología en su nivel existente y provocar asimismo un ulterior crecimiento.

El desarrollo de la agricultura requiere una gran población de granjeros, no sólo para labrar los campos, desherbarlos, azadonarlos, sembrarlos y segarlos, y hacer todo el trabajo requerido para producir un abastecimiento anual de alimentos, sino también para fabricar los aperos necesarios, construir y mantener los diques de irrigación, alzar ciudades amuralladas y reunir armamentos para protegerse de las tribus que les rodeaban, las cuales, por no haber sembrado, estarían muy contentas de recoger las cosechas por la fuerza.

Afortunadamente, el desarrollo de la agricultura hizo posible el mantener a una población superior a la que hubiera sido posible sin ella. En general, ha sido cierto que los avances de la tecnología han producido y empleado, a un mismo tiempo, a una población mayor y más densa que con anterioridad.

Sin embargo, para que la tecnología funcione —y éste es el punto crucial—, debe haber cooperación y, por lo menos, una unidad política lo suficientemente grande como para ser económicamente provechosa. A través de la Historia, a medida que la tecnología ha avanzado, el tamaño de esas unidades económicas se ha incrementado de forma necesaria, desde las reuniones tribales, hasta las ciudades Estado, las naciones y los Imperios.

Donde se han llevado a cabo esas unidades de cooperación, a pesar de la tendencia natural a una competición destructiva, ha tenido lugar la aplicación de una autoridad gubernamental, una Policía interna y, sobre todo, unas estructuras de costumbres, de presión social y de religión.

El avance general en el tamaño de las unidades, junto con la cooperación sostenida, en los días actuales, ha conseguido el control gubernamental sobre una población de 950 millones de

personas en China; 22 millones de kilómetros cuadrados de extensión en la Unión Soviética, y un tercio de la auténtica riqueza del mundo, en Estados Unidos.

El avance no ha sido ni suave ni firme. Las tensiones de decadencia interna y presión externa han llevado a la caída de los Imperios, y a la periódica destrucción de la autoridad central y su reemplazo por unidades más pequeñas. Tales períodos de regresión llevan al final a una «edad oscura».[40]

Hoy, el mundo ha emprendido una descomposición centrífuga políticamente, como se derrumbó el antiguo Imperio europeo, cuando todas las minorías culturales comenzaron a pedir naciones propias; pero las unidades económicas continúan haciéndose cada vez mayores, y la única unidad económica que hoy tiene sentido es la de todo el planeta.

En cierto aspecto, son las unidades políticas las que cuentan, pues son las que hacen la guerra. Aunque la paz se mantenga dentro de las unidades (si ignoramos el crimen endémico y la violencia, además del terrorismo ocasional, la rebelión y la guerra civil), existe la guerra entre ellas.

Las ciudades-Estado guerrearon unas contra otras interminablemente en la antigua Grecia y en la Italia del Renacimiento; los Estados feudales lo hicieron también en la Europa medieval, y en los principios de la Edad Moderna en el Japón; las naciones guerrearon también en la época medieval de China y de la Europa moderna, y en todos los casos, hasta los tiempos modernos, ha habido conflictos con los bárbaros en las fronteras.

La intensidad y destructividad de los conflictos muestra un ascenso general con el avance de la tecnología, por lo que, a

---

[40] Existen hoy personas a las que molesta un «gobierno fuerte», y su tendencia a refrenar las ventajas que podrían conseguir si su competitividad fuese permitida que fluyese libremente, y exigen «menos Gobierno». Desgraciadamente, no existe algo como eso de menos Gobierno, sino únicamente cambios en el Gobierno. Si los libertarios consiguen sus propósitos, la distante burocracia se desvanecería y el estupendo localismo se encargaría de todo. Personalmente, prefiero la burocracia distante, que puede no encontrarme, en vez de un control local, que ciertamente sí lo hará. Todos los precedentes históricos muestran que un cambio hacia el localismo es un cambio hacia peor.

pesar del crecimiento en tamaño de las unidades, en lo que cabe también contar la cooperación, la competitividad siempre ha podido existir. La destrucción aún amenaza con ir más aprisa que la capacidad de recuperarse.

Vivimos ahora en una época en que el resultado aún está en la balanza. Una guerra, más de tipo general, y la civilización, probablemente, será destruida, y es muy posible que para bien...

E incluso, aunque la realización de todo esto mantenga apartada la guerra de su desencadenamiento, la existencia de un conflicto potencial acelera la mente y la energía de todas las naciones en competencia unas respecto de otras, lo mismo que con el enemigo, y *no* con los auténticos enemigos que nos amenazan: la superpoblación, la carencia de recursos y la inadecuación tecnológica.

Los tipos malos tendrán la última palabra.

¿Cómo impedirlo? Hemos alcanzado un punto en el que ya no podemos permitimos la competición armada; ni tampoco permitimos el llevar a cabo una competición que nos preocupe tanto que no podamos, verdaderamente, cooperar para resolver los problemas globales. Debe haber suficiente cooperación internacional para que sirva de equivalente a un Gobierno mundial (aunque esto debería suponer mucha autonomía local, que fuese compatible con el éxito global).

Esto no sólo es necesario para evitar la destrucción, sino para permitir que la tecnología continúe creciendo y mejorando. Ha llegado el momento en que los proyectos son posibles y deben usarse, y también cabe emplear el esfuerzo total de la economía global y de la población. Para resolver nuestros problemas, entre los que se hallan implicados la población, la energía, la contaminación (sí, incluso una tecnología pacífica tiene sus efectos indirectos destructivo s que deben corregirse), se requiere un esfuerzo global, y creo que, en todo caso, la penetración y la explotación del espacio, como esfera ampliada de las actividades humanas, también constituye algo esencial.

Tengo la creencia de que la civilización no sobrevivirá y el espacio no se conquistará sin un esfuerzo global de cooperación entre las naciones, y que es posible para los pueblos de la Tierra elegir el comprometerse en una cooperación de ese tipo. Pueden *no* elegir, pero les es posible hacerlo si lo desean. Si quieren ser unos buenos chicos, pueden serlo, y buenos chicos agradables son los que acaban primero.

Puedo mantener también lo contrario. Creo que cualquier civilización planetaria que llegue al estadio de la exploración y explotación espacial, habrá aprendido a dominar la tendencia a los conflictos destructivos que, hasta ahora, han parecido algo inseparable de la inteligencia. Habrán aprendido a ser unos buenos chicos. Si no es así, seguirán ligados a sus superficies planetarias y decaerán.

En realidad, con toda probabilidad, se destruirán a sí mismos.

Ésta es la razón de que no tema entrar en contacto con civilizaciones extra terrestres. Si las alcanzamos, seremos los más fuertes, y no tendremos nada que temer (ni tampoco ellos de nosotros, puesto que seremos personas pacíficas). Si ellos llegan hasta nosotros, y *son* fuertes, *serán* también una gente pacífica.

¿Pero, podemos estar seguros de ello? ¿No puede una civilización que haya aprendido a vivir en paz consigo misma no titubear ante el conflicto con una civilización extraplanetaria? ¿No darán por bien venida una oportunidad de ejercitar sus reprimidos deleites hacia la destrucción?

¿Y por qué deberían hacerla? Esto equivale a juzgar a una auténtica civilización desde el punto de vista de nuestro barbarismo.

Por ejemplo: Tenemos el caso de una civilización superior que ha cruzado el espacio para visitar a otra, posiblemente unos mundos que alberguen vida. Es el caso de nosotros mismos.

Nuestros instrumentos han aterrizado en la Luna, en Marte, en Venus, y hemos realizado unas grandes aproximaciones a Mercurio, Júpiter y Saturno. En el caso de la Luna, por lo menos, algunos de los instrumentos contenían seres humanos.

Y lo que es más, los intrusos, en o cerca de otros mundos, no son individuos de una civilización planetaria, sino que somos nosotros mismos, *Homo sapiens*, de un mundo lleno de conflictos, odio y destrucción.

¿Cómo nos hemos portado? Por una vez, las naciones de la Tierra, sobre todo Estados Unidos y la Unión Soviética, se han comportado con sorprendente cooperación en el esfuerzo espacial. Cada uno de ellos mantiene satélites espías y se habla (sólo se habla) de satélites asesinos, pero existe cooperación, un libre flujo de información y no hay señales de intentar hacer un daño deliberado.

¿Y cómo nos portamos respecto de la posible vida en otros mundos? Actuamos con la mayor circunspección. Esterilizamos nuestros navíos, con unos gastos enormes, para que no puedan, sin querer, introducir organismos terrestres que dañen cualquier clase de vida nativa. *Protegemos* esa vida con todas nuestras fuerzas, aunque sabemos que lo más seguro es que sea no-inteligente y primitiva, y es aún incluso lo más probable que no exista en absoluto.

Sí, lo hacemos por auto interés. Deseamos estudiar esas formas de vida para conseguir conocimientos, y tal vez para convertir dichos conocimientos en nuestro propio beneficio.

Sin embargo, esto es algo equivalente a decir que el altruismo no es más que nuestro beneficio egoísta a largo plazo, lo cual es, con toda exactitud, lo que he estado diciendo a través de este ensayo.

Los buenos chicos acaban los primeros.

La evolución biológica nos lo enseña, y la Historia humana nos lo muestra también, y si podemos aprenderlo a *tiempo* constituye la cosa más importante en este momento.